

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**

**y Sistemas de Telecomunicación**



**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA ACÚSTICA DE  
LA EDIFICACIÓN Y MEDIO AMBIENTE**

**MEDIDA DEL RUIDO AMBIENTAL EN EL CEIS  
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS DATOS.**

**NAGORE LASA GARCIA**

**Julio de 2014**



## Máster en Ingeniería Acústica de la Edificación y Medio Ambiente

Trabajo Fin de Máster		
Título	Medida del ruido ambiental en el CEIS. Análisis y evaluación de los datos.	
Autor	Nagore Lasa Garcia	VºBº
Tutor	Juan Sancho Gil	
Ponente	Nagore Lasa Garcia	
Tribunal		
Presidente	Vicente González Posadas	
Secretario	Lino Pedro García Morales	
Vocal	Constantino Gil González	
Fecha de lectura		
Calificación		

El Secretario: Lino Pedro García Morales

# Índice

Índice	i
Índice de figuras	v
Índice de tablas	x
Índice de ecuaciones	xii
Resumen	xiii
Summary	xiv
1.1. Introducción.	2
2.1. Localización y ámbito de estudio.	5
2.2. Usos del suelo y planeamiento existente.	6
2.3. Fuentes de ruido en el ámbito de estudio.	7
2.3.1. Ruido de tráfico rodado. Carretera M-856.	7
2.3.2. Ruido industrial.	11
2.3.3. Ruido de tráfico aéreo.	11
2.4. Marco legislativo.	12
2.4.1. Normativa Comunitaria.	12
2.4.2. Recomendación de la comisión de 6 de agosto de 2003.	13
2.4.3. Normativa estatal: Ley 37/2003.	13
2.4.4. Normativa estatal: Real Decreto 1513/2005.	14
2.4.5. Normativa estatal: Real Decreto 1367/2007.	15
2.4.6. Normativa de aplicación al Proyecto.	16

3.1. Metodología utilizada para la evaluación de niveles sonoros actuales.	18
3.1.1. Consideraciones generales de la normativa.	19
3.1.2. Consideraciones ambientales.	25
3.2. Mediciones de los niveles sonoros.	26
3.2.1. Planteamiento general.	26
3.2.2. Plan de medidas.	26
3.2.3. Instrumentación utilizada.	29
3.2.4. Volcado de datos.	30
3.2.5. Caracterización del ruido de la zona.	31
3.3. Resultados de las medidas.	33
3.3.1. Resultados de las medidas de la SERIE 1.	33
3.3.2. Resultados de las medidas de la SERIE 2	39
3.3.3. Resultados de las medidas de la SERIE 3	45
3.3.4. Resultados de las medidas de la SERIE 4	51
3.3.5. Resultados de las medidas de la SERIE 5	57
3.3.6. Resultados de las medidas de la SERIE 6	63
3.3.7. Resultados de las medidas de la SERIE 7	69
3.3.8. Resultados de las medidas de ruido de residual.	76
4.1. Introducción	84
4.2. Software empleado	84
4.3. Definición y generación del MDT (modelo digital del terreno)	85
4.4. Datos de entrada al modelo	96

4.5. Validación del modelo con las medidas realizadas “in situ”.	99
5.1. Introducción	104
5.2. Procedimiento para estimar la incertidumbre de medida	105
5.3. Incertidumbre debida a la instrumentación I	106
5.4. Incertidumbre debida a las condiciones de funcionamiento. Ruido de tráfico X	108
5.5. Incertidumbre debida a las condiciones meteorológicas y del terreno Y	110
5.6. Incertidumbre debida al sonido residual Z	112
5.7. Cálculo de la incertidumbre de la medida	113
5.7.1. Cálculo de la incertidumbre de la medida según UNE-EN ISO 1996-2:2009	113
5.7.2. Cálculo de la incertidumbre de la medida según la Guía para la expresión de la incertidumbre de medida (GUM)	114
5.8. Cálculo de la incertidumbre de los datos de entrada al modelo.	119
6.1. Conclusiones obtenidas a partir de los datos de aforo de la carretera M-856.	129
6.2. Conclusiones obtenidas a partir de los resultados de las medidas de ruido.	130
6.3. Conclusiones obtenidas a partir de las medidas simuladas en CadnaA.	131
6.4. Conclusiones obtenidas a partir de los cálculos de incertidumbre.	132
6.4.1. Cálculo de la incertidumbre de la medida según la norma UNE-ISO 1996-2:2009 y la Guía para la expresión de la incertidumbre de medida (GUM).	132
6.4.2. Cálculo de la incertidumbre a partir de los datos de entrada al modelo.	134



## 7.1. Referencias Bibliográficas.

136

## Índice de figuras

Figura 1. Tráfico Aéreo proveniente de la base aérea de Getafe.	5
Figura 2. Fuentes de ruido existentes en la zona de estudio y puntos de medida.	6
Figura 3. Aforador utilizado para el conteo de tráfico.	7
Figura 4. Número de vehículos/hora durante la semana del 3 de febrero de 2014 hasta el 7 de febrero de 2014.	8
Figura 5. Número de vehículos/hora durante la semana del 24 de febrero de 2014 hasta el 28 de febrero de 2014.	9
Figura 6. Valor medio del número de vehículos por hora la semana del 24 de febrero de 2014 hasta el 28 de febrero de 2104.	9
Figura 7. Medida de los vehículos por hora durante una semana, entre las 10.00-14.00 y las 15.00-17.00.	10
Figura 8. Velocidad media de los vehículos por hora durante una semana, entre las 10.00-14.00 y las 15.00-17.00.	11
Figura 9. Puntos de medida. Fuente: Google Map. Localización de los puntos de medida.	20
Figura 10. Paso de aviones por la zona de estudio.	23
Figura 11. Equipo de climatización.	24
Figura 12. Puntos de muestreo. Fuente: Google Map. Localización de los puntos de medida.	27
Figura 13. Punto de medida P1.	28
Figura 14. Punto de medida P2.	28

Figura 15. Punto de muestreo P3.	28
Figura 16. Punto de muestreo P4.	28
Figura 17. Punto de muestreo P5.	29
Figura 18. Transferencia de datos del sonómetro al PC.	30
Figura 19. Presentación de los datos de medida.	31
Figura 20. Medida de 15 min en el punto 1 de la serie 1.	34
Figura 21. Medida de 15 min en el punto 2 de la serie 1.	35
Figura 22. Medida de 15 min en el punto 3 de la serie 1.	36
Figura 23. Medida de 15 min en el punto 4 de la serie 1.	37
Figura 24. Medida de 15 min en el punto 5 de la serie 1.	38
Figura 25. Medida de 15 min en el punto 1 de la serie 2.	40
Figura 26. Medida de 15 min en el punto 2 de la serie 2.	41
Figura 27. Medida de 15 min en el punto 3 de la serie 2.	42
Figura 28. Medida de 15 min en el punto 4 de la serie 2.	43
Figura 29. Medida de 15 min en el punto 5 de la serie 2.	44
Figura 30. Medida de 15 min en el punto 1 de la serie 3.	46
Figura 31. Medida de 15 min en el punto 2 de la serie 3.	47
Figura 32. Medida de 15 min en el punto 3 de la serie 3.	48
Figura 33. Medida de 15 min en el punto 4 de la serie 3.	49
Figura 34. Medida de 15 min en el punto 5 de la serie 3.	50
Figura 35. Medida de 15 min en el punto 1 de la serie 4.	52



Figura 36. Medida de 15 min en el punto 2 de la serie 4.	53
Figura 37. Medida de 15 min en el punto 3 de la serie 4.	54
Figura 38. Medida de 15 min en el punto 4 de la serie 4.	55
Figura 39. Medida de 15 min en el punto 5 de la serie 4.	56
Figura 40. Medida de 15 min en el punto 1 de la serie 5.	58
Figura 41. Medida de 15 min en el punto 2 de la serie 5.	59
Figura 42. Medida de 15 min en el punto 3 de la serie 5.	60
Figura 43. Medida de 15 min en el punto 4 de la serie 5.	61
Figura 44. Medida de 15 min en el punto 5 de la serie 5.	62
Figura 45. Medida de 15 min en el punto 1 de la serie 6.	64
Figura 46. Medida de 15 min en el punto 2 de la serie 6.	65
Figura 47. Medida de 15 min en el punto 3 de la serie 6.	66
Figura 48. Medida de 15 min en el punto 4 de la serie 6.	67
Figura 49. Medida de 15 min en el punto 5 de la serie 6.	68
Figura 50. Medida de 15 min en el punto 1 de la serie 7.	70
Figura 51. Medida de 15 min en el punto 2 de la serie 7.	71
Figura 52. Medida de 15 min en el punto 3 de la serie 7.	72
Figura 53. Medida de 15 min en el punto 4 de la serie 7.	73
Figura 54. Medida de 15 min en el punto 5 de la serie 7.	74
Figura 55. Posición del punto de muestreo del ruido residual.	77

Figura 56. Medida de 15 min del ruido residual debido al ruido aéreo.	78
Figura 57. Posición de las fuentes de ruido industriales respecto a los puntos de medida.	80
Figura 58. Equipo de climatización.	80
Figura 59. Torre de refrigeración.	81
Figura 60. $L_{Aeq,5min}$ obtenido en el equipo de climatización CLIVET.	81
Figura 61. $L_{Aeq,5min}$ obtenido en la torre de refrigeración.	82
Figura 62. Importación de la zona de estudio en Sketch Up.	86
Figura 63. Localización del área deseada, plano modelo.	87
Figura 64. Plano auxiliar cubriendo todo el plano modelo.	87
Figura 65. Posición del plano dibujado debajo del modelo.	88
Figura 66. Generación de planos paralelos al bloque modelo (comando desplazar +CTRL).	89
Figura 67. Bloque de planos paralelos al plano modelo.	89
Figura 68. Selección de los planos que forman el bloque de planos creado en el paso 4.	91
Figura 69. Agrupar los planos del bloque.	91
Figura 70. Intersección de los planos del bloque con el plano modelo.	92
Figura 71. Desplazar el bloque de planos.	93
Figura 72. Almacenamiento de las curvas de nivel.	94
Figura 73. Abrir el archivo.kmz en el Google Earth.	95



Figura 74. Elementos geométricos y receptores generados en CadnaA. 98

Figura 75. Vista 3D de los elementos geométricos y receptores generados en CadnaA. 99

**Figura 76. Validación del punto 2 con las medidas realizadas "in situ".** 101

Figura 77. Mapa de ruido con la altura de los receptores a 1,5 m. 102

Figura 78. Mapa de ruido con la altura de receptores a 4 m. 102

Figura 79. Tabla resumen de la incertidumbre para  $L_{Aeq}$  según norma ISO 1996-2: 2007 106

## Índice de tablas

Tabla I.	Áreas acústicas según Ley de Ruido 37/2003	14
Tabla II.	Objetivos de calidad acústica. Áreas urbanizadas existentes	16
Tabla III.	Resumen de los niveles obtenidos en las 7 series de medidas realizadas.	75
Tabla IV.	Valores de $L_{AE}$ y $L_{Aeq,5min}$ debido al paso de aviones.	79
Tabla V.	Datos de entrada al modelo de la carretera M-856.	97
Tabla VI.	Validación del modelo con las medidas realizadas “in situ”.	100
Tabla VII.	Valores de la incertidumbre debida a la instrumentación utilizada.	108
Tabla VIII.	Incertidumbre típica por tráfico rodado.	109
Tabla IX.	Incertidumbre debida a las condiciones de funcionamiento.	110
Tabla X.	Incertidumbre debida a las condiciones meteorológicas.	112
Tabla XI.	Cálculo de la incertidumbre de medida según la norma UNE-EN ISO 1996-2:2009.	113
Tabla XII.	Niveles de ruido total con la incertidumbre asociada a la medida según la norma UNE-EN ISO 1996-2:2009.	113
Tabla XIII.	Incertidumbres típicas de tipo B según GUM.	114
Tabla XIV.	Incertidumbres típicas de tipo A según GUM, de las series 2, 3 y 4.	115
Tabla XV.	Incertidumbres típicas de tipo A según GUM, de las series 5, 6 y 7.	116

Tabla XVI. Incertidumbres combinadas según GUM, de las series 2, 3 y 4.	117
Tabla XVII. Incertidumbres combinadas según GUM, de las series 5, 6 y 7.	117
Tabla XVIII. Incertidumbres combinadas según GUM, de las series 2, 3 y 4.	117
Tabla XIX. Incertidumbres expandidas según GUM, de las series 5, 6 y 7.	118
Tabla XX. Niveles de ruido total con la incertidumbre asociada a la medida según GUM, de las series 2, 3 y 4.	118
Tabla XXI. Niveles de ruido total con la incertidumbre asociada a la medida según GUM, de las series 5, 6 y 7.	118
Tabla XXII. n, número de vehículos ligeros/hora	119
Tabla XXIII. n, número de vehículos pesados/hora	120
Tabla XXIV. Incertidumbre asociada al dato de entrada de conteo de vehículos ligeros.	121
Tabla XXV. Incertidumbre asociada al dato de entrada de conteo de vehículos pesados.	121
Tabla XXVI. Incertidumbre asociada al dato de entrada de la velocidad media de vehículos ligeros.	122
Tabla XXVII. Incertidumbre asociada al dato de entrada de la velocidad media de vehículos pesados.	123
Tabla XXVIII. Valor de los niveles obtenidos en función de los datos de entrada.	124

## Índice de ecuaciones

- (1) Índice de Nivel de Ruido Equivalente
- (2) Variación de los niveles de presión sonora con las condiciones climáticas
- (3) Índice de nivel de exposición sonora
- (4) Relación entre el  $L_{AEQ,T}$  y el  $L_{AE}$  para un suceso de ruido
- (5) Variación teórica del nivel de presión sonora con la distancia
- (6) Incertidumbre de calibración
- (7) Incertidumbre debida a la deriva
- (8) Incertidumbre debida a la resolución
- (9) Incertidumbre típica del paso de vehículos
- (10) Incertidumbre típica de tipo B
- (11) Incertidumbre combinada de tipo A y de tipo B
- (12) Incertidumbre los datos de entrada al modelo (aforo)

## Resumen

El presente documento, evalúa y analiza el ruido existente en las inmediaciones del CEIS (Centro Estudio, Innovación y Servicios), situado en la carretera Villaviciosa de Odón a Móstoles (M-856) en el Km 1,5. El objetivo es obtener datos de nivel de ruido en función del tiempo para conocer su variabilidad a lo largo de la semana, para promover una intercomparación entre laboratorios con ruido real.

La zona que contempla el proyecto tiene variedad de ruido medioambiental: ruido de tráfico rodado, ruido industrial, ruido de instalaciones y ruido de tráfico aéreo. Estas fuentes de ruido pueden presentarse en diversas combinaciones. Para el ruido total existente, se analiza por un lado el ruido específico de la carretera M-856, y por otro lado el ruido residual asociado a sucesos aislados, como el ruido de tráfico aéreo, ruido industrial y de instalaciones.

Para el cálculo de los niveles sonoros de la zona se realiza una evaluación del índice de ruido  $L_d$ , para el periodo de día, utilizando como herramienta de cálculo el programa CadnaA versión 4.2.

Se realiza la validación de los niveles sonoros obtenidos en el CadnaA en las inmediaciones de la carretera Villaviciosa de Odón a Móstoles. Para ello se comparan los niveles obtenidos en el modelo acústico de la zona elaborado mediante CadnaA y los niveles medidos “in-situ”.

Una vez obtenidos los niveles sonoros, se calcula la incertidumbre de las medidas ejecutadas “in-situ” en la última jornada de mediciones realizada, correspondientes a niveles de presión sonora continuos equivalente ponderado A ( $L_{Aeq}$ , 5min) y de las medidas simuladas en CadnaA, teniendo en cuenta las posibles desviaciones ocasionadas por el equipo de medida, condiciones meteorológicas, variaciones del tráfico, metodología de ensayo.....

Por último se valoran los datos obtenidos y se evalúa la posibilidad de promover una intercomparación entre laboratorios realizada con el ruido real de tráfico de la zona.

## Summary

The next document evaluates the noise in surrounding areas of CEIS (Centro Estudio, Innovación y Servicios), located in the road from Villaviciosa de Odón to Móstoles (M-856), in 1.5 km. The aim of this project is to get precise information during time to promote an intercomparison between laboratories with real noise.

The area included in the project has several environmental noise: traffic noise, industrial noise and air traffic noise. These noise sources can be combined in different ways. The specific noise of the M-856 on one hand, and the residual noise associated with air traffic noise and industrial noise on the other.

The calculation tool CadnaA, 4.2 version, simulates sound levels for the day period and the index  $L_d$ . The validation of sound levels around the road Villaviciosa de Odón to Móstoles, is made by comparing the obtained levels in the acoustic model and the real measured levels "in situ" .

The uncertainty of the measures "in-situ", and the uncertainty of the sound levels simulated in the acoustic model CadnaA, is calculated using the measurements "in situ" ( $L_{Aeq, 5min}$ ) of the last day. For that calculation, is necessary to take into account the deviations resulting from the measurement equipment, weather conditions, traffic variations, test methodology....

Finally the obtained data are evaluated, considering the possibility of promote an intercomparison between laboratories with real traffic noise of the area.



# **1**

## **Introducción.**

### **1.1. Introducción.**

El presente documento, evalúa y analiza el ruido existente en las inmediaciones de CEIS (Centro Estudio, Innovación y Servicios), situado en la carretera Villaviciosa de Odón a Móstoles (M-856) en el Km 1,5. El objetivo es obtener muchos datos de ruido en función del tiempo, para promover una intercomparación entre laboratorios con el ruido real de la zona.

La zona que contempla el proyecto tiene una amplia variedad de ruido medioambiental: ruido de tráfico rodado, ruido industrial y ruido de tráfico aéreo. Estas fuentes de ruido pueden presentarse en diversas combinaciones. Para el ruido total existente, se analiza por un lado el ruido específico de la carretera M-856, y por otro lado el ruido residual asociado a sucesos aislados, como el ruido de tráfico aéreo, ruido industrial y de instalaciones.

Desde el punto de vista urbanístico, la zona de estudio es de uso industrial. En el documento, se establece el método de medida y la evaluación de las fuentes así como las observaciones en cuanto a la zona de medida. Se recogen todos los aspectos relacionados con el ruido ambiental, incluyendo los siguientes apartados:

- Fase 1: Se describe la zona de estudio, el uso del suelo existente, las principales fuentes de ruido y la legislación aplicable.
- Fase 2: Se realiza un análisis del entorno de medida y del paso del tráfico rodado y tráfico aéreo, estudiando la variabilidad del tráfico dependiendo del día y de la hora. También se evalúa el ruido industrial procedente de las instalaciones más cercanas a la zona de estudio.
- Fase 3: Se calculan los niveles sonoros existentes en la zona de estudio. Para ello se utiliza el software de predicción acústica CadnaA versión 4.2, evaluando el índice de ruido  $L_d$ , para el periodo día. Como datos de entrada al modelo, se tienen en cuenta los datos de tráfico proporcionados por el aforador utilizado para el conteo de vehículos, así como los observados los días de medición.

Se realiza la validación del mapa de niveles sonoros obtenido en la con el modelo de predicción acústica CadnaA. Para ello se hace una comparación entre los niveles calculados con el modelo, y los niveles

medidos “in situ” en los puntos de medida. Los niveles de presión sonora continuos equivalentes ponderado A ( $L_{Aeq, 45min}$ ) obtenidos en los cinco puntos de medida a 1,5 metros de altura, son los que se utilizan para hacer la validación del modelo en CadnaA.

- Fase 4: Se realiza la evaluación de la incertidumbre de los resultados de las medidas ejecutadas “in situ”, correspondientes a niveles de presión sonora continuos equivalentes ponderado A ( $L_{Aeq, 5min}$ ), teniendo en cuenta las posibles desviaciones ocasionadas por el equipo de medida, condiciones ambientales, procedimiento de ensayo, etc. En base a la norma ISO 1996-2:2009, y en base a la Guía para el cálculo de la incertidumbre, GUM. Se estudian las contribuciones debidas a la instrumentación, a las condiciones de operación, a la climatología y condiciones del suelo, y al ruido de fondo, en la estimación de la incertidumbre asociadas a los resultados de dichas medidas.

# **2 Fase 1.**

## **Descripción de la zona de estudio**

## 2.1. Localización y ámbito de estudio.

La zona de estudio se localiza en el km 1.5 de la carretera Móstoles-Villaviciosa de Odón. Móstoles cuenta aproximadamente con una población de 206.000 habitantes, y Villaviciosa de Odón con 26700 habitantes. La alta población de Móstoles sobretodo supone una alta densidad de tráfico en la carretera M-856, junto a la cual está situada la zona de estudio.

Las principales fuentes de ruido existente en la zona son:

Tráfico rodado: Proviene de la carretera M-856, carretera de Móstoles a Villaviciosa de Odón, en el km 1.5.

Tráfico aéreo: Proviene de la base aérea de Getafe, a una distancia máxima de 16 km aproximadamente del CEIS.

Instalaciones industriales: Proviene de las instalaciones propias del CEIS, en una mayor parte instalaciones de climatización (torre de refrigeración...) a larga distancia de la zona de estudio.

A continuación se adjunta la figura 1, en la que se muestra la distancia desde la base aérea de Getafe al CEIS, y la figura 2 donde pueden observarse las instalaciones industriales mencionadas anteriormente, y los puntos Pi seleccionados para realizar la campaña de medidas “in situ”. (Fuente: Google Earth).

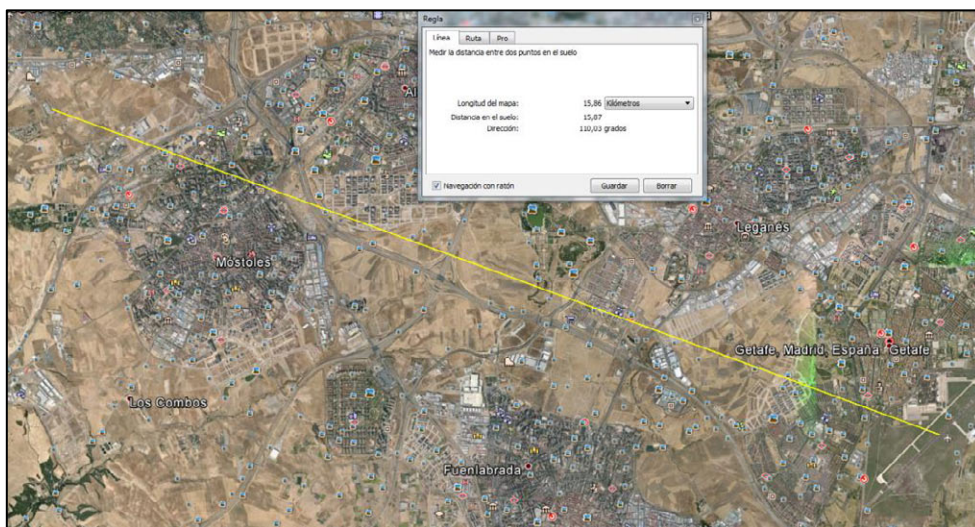


Figura 1. Tráfico Aéreo proveniente de la base aérea de Getafe.



Figura 2. Fuentes de ruido existentes en la zona de estudio y puntos de medida.

## 2.2. Usos del suelo y planeamiento existente.

La zona dentro del ámbito de estudio es una zona de uso industrial. El suelo es importante en lo referente a la propagación del ruido, ya que está directamente relacionado con su absorción, en función de la porosidad, densidad, humedad del mismo y por el efecto de la vegetación. Consiste en un suelo con parte dura y reflectante, correspondiente al asfalto bituminoso de la carretera, y con parte blanda y absorbente correspondiente al césped del CEIS en el que se han realizado las medidas.

También son importantes las características y la situación de los edificios existentes en la zona de estudio, así como la altura sobre el terreno. Los únicos edificios existentes en la zona de estudio son los del CEIS, con una altura media de 10,1 m aproximadamente.

## **2.3. Fuentes de ruido en el ámbito de estudio.**

### **2.3.1. Ruido de tráfico rodado. Carretera M-856.**

La fuente de ruido principal y objeto de estudio es el ruido de tráfico rodado proveniente de la carretera M-856. Para obtener los datos de tráfico y los datos de velocidades de vehículos ligeros y pesados se ha utilizado el aforador SIERZEGA ELEKTRONIK GmbH (número de serie: 7625). Dicho dispositivo consiste en un equipo de aforo, con tecnología radar, con el que se obtiene amplia información sobre el tráfico rodado.

Debido al empleo de un radar Doppler direccional, permite, en carreteras convencionales, distinguir los vehículos que se mueven en una dirección u otra, distinguiendo por tanto el carril.

Además de recoger datos sobre el paso de vehículos en dos carriles simultáneamente (intensidad de tráfico), permite obtener datos de velocidad y recoge el tamaño de los vehículos que circulan a su paso midiendo la longitud de los mismos en decímetros.

La figura 3, muestra el equipo utilizado y su situación en el CEIS durante el proyecto.



Figura 3. Aforador utilizado para el conteo de tráfico.

## FASE 1. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

La M-856, una Villaviciosa de Odón con Móstoles y la A-5, tiene 2.500 metros de longitud (500 metros en el término de Villaviciosa de Odón y 2.000 metros en la vecina Móstoles), con un carril en cada sentido. El tráfico diario que soporta dicha carretera es de 15000 vehículos aproximadamente, de los cuales el 96% corresponde a vehículos ligeros y el 4% a vehículos pesados.

La figura 4, nos muestra la cantidad de vehículos/hora registrados durante los días laborables de la semana del 3 de febrero de 2014 hasta el 7 de febrero de 2014, y la figura 5, nos muestran la cantidad de vehículos/hora registrados durante los días laborables de la semana del 24 de febrero de 2014 hasta el 28 de febrero de 2014. La primera curva, la curva de color azul claro, representa el conteo total de vehículos, ligeros y pesados en ambos sentidos. La curva amarilla representa el conteo total de los vehículos ligeros en ambos sentidos, sentido Villaverde y sentido Móstoles, y la curva morada representa el conteo total de vehículos pesados en ambos sentidos. La curva verde muestra el número de vehículos totales en la dirección de Villaviciosa y la curva azul oscuro muestra el número de vehículos totales en el sentido Móstoles.

La similitud gráfica obtenida durante estos días, y durante los días en los que se han realizado las mediciones de ruido “in situ” representa la poca variabilidad de la densidad de tráfico en la zona.

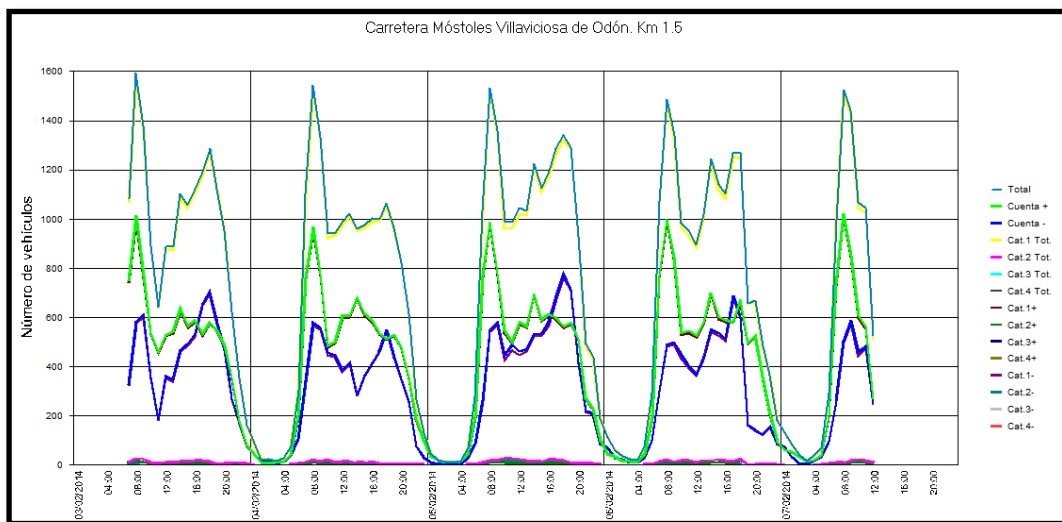


Figura 4. Número de vehículos/hora durante la semana del 3 de febrero de 2014 hasta el 7 de febrero de 2014.



## FASE 1. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

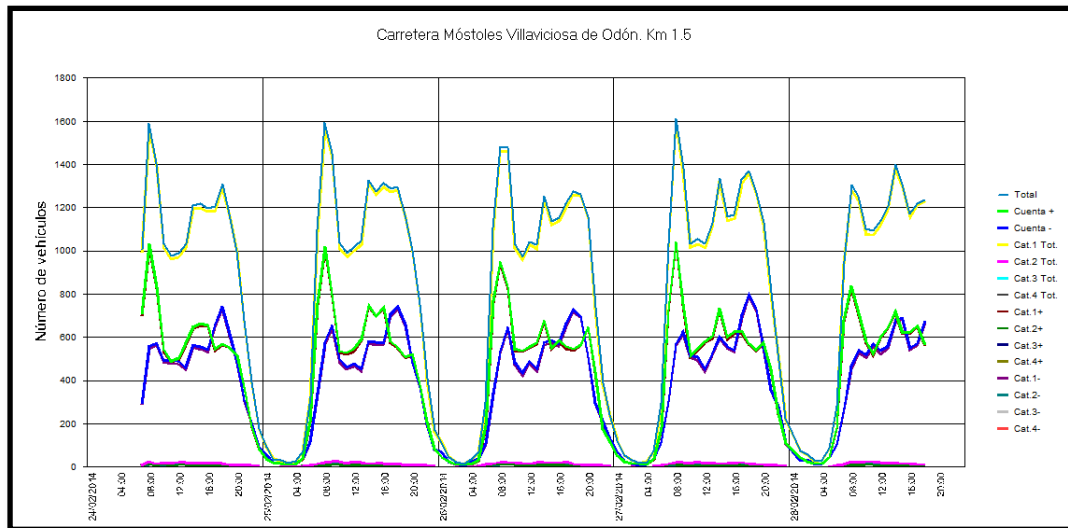


Figura 5. Número de vehículos/hora durante la semana del 24 de febrero de 2014 hasta el 28 de febrero de 2014.

Una vez comprobada la similitud gráfica entre los datos de estas dos semanas, la figura 6 muestra el tráfico diario, calculado a partir de los promedios diarios realizados con los datos de 4 días de conteo de tráfico ininterrumpido, para así ver cuáles son las franjas horarias de mayor intensidad de tráfico.

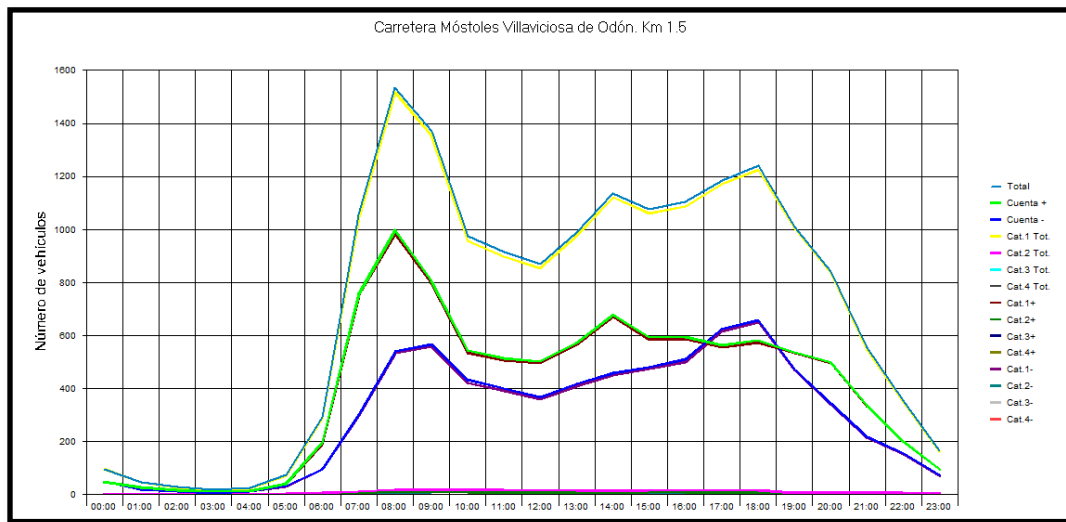


Figura 6. Valor medio del número de vehículos por hora la semana del 24 de febrero de 2014 hasta el 28 de febrero de 2104.

La curva del aforo total de la figura 6, la curva azul clara, muestra tres picos horarios máximos donde el tráfico rodado es mayor. El primer pico corresponde a la franja horaria entre las 8.00 y las 9.00 de la mañana, con un aforo de 1.500 vehículos por hora. El segundo pico corresponde a las 14.30 de la tarde, 1.150 vehículos por hora, y el último pico obtenido corresponde a las 18.30 de la tarde, rondando los 1.250 vehículos por hora, aforo algo más reducido que en el primer pico de la mañana.

La dirección de mayor aforo es la dirección Móstoles-Villaviciosa de Odón en los primeros dos picos, a las 8.30 de la mañana y a las 14.30 de la tarde. El último pico máximo corresponde a las 18.30 de la tarde, en la dirección Villaviciosa de Odón-Móstoles, dirección opuesta a los picos máximos obtenidos durante el conteo a primera hora de la mañana. Los picos horarios mínimos, corresponden a las franjas horarias entre las 10.30 y las 11.30 con 900 vehículos por hora y entre las 15.30 y las 16.30 con 1.000 vehículos por hora.

Del conteo total realizado, el 96% corresponde al paso de vehículos ligeros (hasta 6.6 m de longitud) y el 4% corresponde a vehículos pesados (de 6.6 m de longitud en adelante).

La figura 7, muestra el tráfico más probable en dichas franjas horarias:

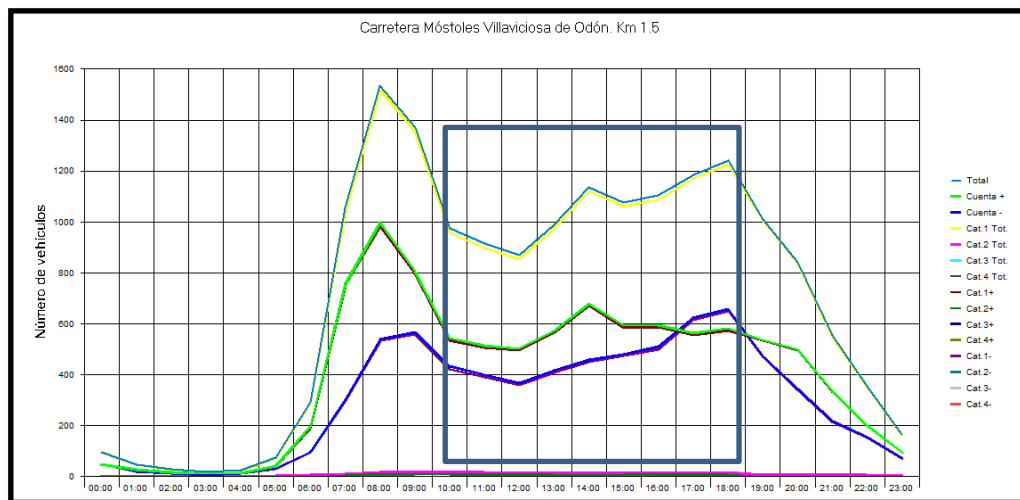


Figura 7. Medida de los vehículos por hora durante una semana, entre las 10.00-14.00 y las 15.00-17.00.

Por la mañana de 10:00 a 11:00 el tráfico se mantiene estable rondando valores de 900 - 1.000 vehículos/hora, y por la tarde aumenta el flujo hasta los 1.100 – 1.200 vehículos por hora.

La figura 8, nos muestra la velocidad media,  $V_m$  de los vehículos que circulan por la M-856, 61 km/hora aproximadamente. La carretera está limitada a 90 km/hora pero debido a elevada circulación no se suele circular a más de 60 - 65 km/hora.

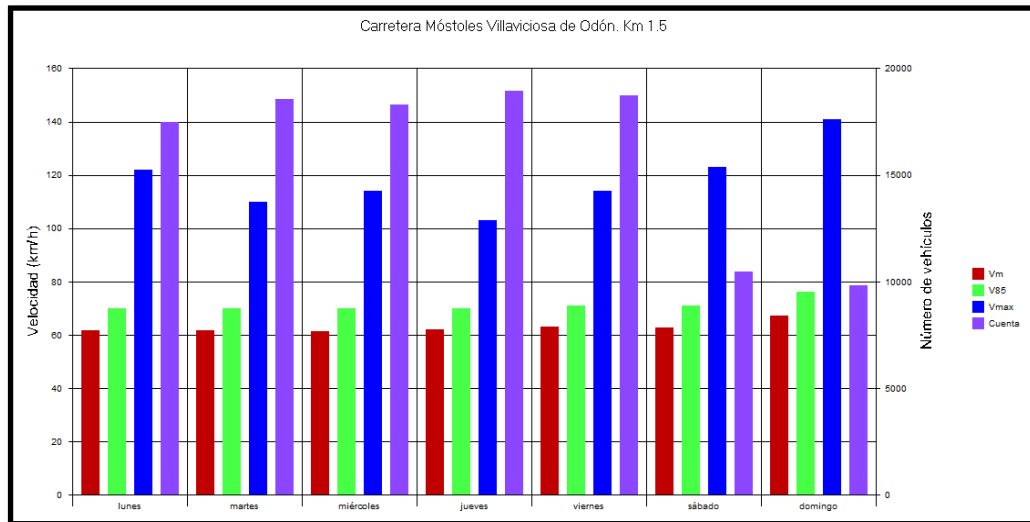


Figura 8. Velocidad media de los vehículos por hora durante una semana, entre las 10.00-14.00 y las 15.00-17.00.

### 2.3.2. Ruido industrial.

El ruido industrial, es el que proviene de las instalaciones propias del CEIS, en una mayor parte instalaciones de climatización, a una considerable distancia de los puntos de medida.

### 2.3.3. Ruido de tráfico aéreo.

El ruido de tráfico aéreo proviene de la base aérea de Getafe. Los aviones provenientes de Getafe, son pequeños aviones o avionetas, que vuelan a una altura de 350 metros aproximadamente.

## **2.4. Marco legislativo.**

### **2.4.1. Normativa Comunitaria.**

En el marco de la política comunitaria, la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre evaluación y gestión del ruido ambiental (DOCE 18/07/2002), tiene como principal objetivo establecer un enfoque común destinado a evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos de la exposición al ruido, aplicando las siguientes medidas:

- Determinación de la exposición al ruido ambiental mediante la elaboración de los mapas de ruido según métodos de evaluación comunes.
- Informar a la población sobre ruido ambiental y sus efectos.
- Adoptar, por parte de los estados miembros, planes de acción para prevenir y reducir el ruido ambiental.
- Fijar bases que permitan elaborar medidas comunitarias de reducción de los ruidos emitidos por las principales fuentes, en particular, vehículos e infraestructuras de ferrocarril y carretera, aeronaves, equipamiento industrial y de uso al aire libre y máquinas móviles.
- En cuanto a la aplicación y responsabilidades, se establece que los estados miembros deberán definir las autoridades competentes para:
- La elaboración y aprobación de los mapas de ruido y planes de acción para aglomeraciones urbanas (más de 100.000 habitantes), grandes ejes viarios (más de 3.000.000 vehículos/año), grandes ejes ferroviarios (más de 30.000 trenes/año) y grandes aeropuertos (más de 50.000 movimientos/año).
- La recopilación de los mapas de ruido y planes de acción.

### **2.4.2. Recomendación de la comisión de 6 de agosto de 2003.**

Esta recomendación es relativa a las orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales revisados para el ruido industrial, procedente de aeronaves, de tráfico rodado y ferroviario, y los datos de emisiones correspondientes (DOCE 22/08/2003).

Se recomiendan aquí los métodos de cálculo señalados a continuación, en aquellos países donde no cuenten con métodos nacionales:

- Ruido de Tráfico Rodado: El método para calcular los niveles sonoros para el ruido de tráfico rodado, es el método nacional de cálculo francés “NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB)”, mencionado en el “Arrere du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal du 10 mai 1995, article 6”, y en la norma francesa “XPS 31-133”.
- Ruido Industrial: ISO 9613-2 “Acoustics. Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2: General method of calculation”. Los métodos de medición para la obtención de datos de entrada son los que se contemplan en: ISO 8297:1994, EN ISO 3744:1995, y EN ISO 3746:1995.

### **2.4.3. Normativa estatal: Ley 37/2003.**

La norma que resulta de aplicación en el territorio nacional, es la Ley 37/2003 de 17 de noviembre del Ruido, que es la que regula la realización de los mapas de ruido.

Áreas Acústicas	
Clase	Usos principales
a	Predominio residencial
b	Industrial
c	Recreativo y espectáculos
d	Terciario (salvo anterior)
e	Sanitario, docente, cultural
f	SG Infraestructuras de transportes, Equipamientos públicos
g	Espacios naturales que requieran protección

Tabla I. Áreas acústicas según Ley de Ruido 37/2003

Cabe destacar el hecho de que, de acuerdo a lo expuesto en la citada Ley, las administraciones competentes para delimitar estas áreas acústicas, así como los valores límite y objetivos de calidad acústica en cada área definida, son las Comunidades Autónomas.

#### **2.4.4. Normativa estatal: Real Decreto 1513/2005.**

Decreto que desarrolla la Ley 37/2003 de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión ambiental, con la finalidad de prevenir, reducir o evitar efectos nocivos, incluyendo molestias, derivadas de la exposición al ruido ambiental. Se regulan determinadas actuaciones como son la elaboración de mapas estratégicos de ruido para determinar la exposición de la población al ruido ambiental, la adopción de planes de acción para prevenir y reducir el ruido ambiental y, en particular, cuando los niveles de exposición puedan tener efectos nocivos en la salud humana, así como poner a disposición de la población la información sobre ruido ambiental y aquella de que dispongan las autoridades competentes en relación con el cartografiado acústico y planes de acción derivados, en cumplimiento del mismo.

En este decreto se determina que para aplicaciones distintas de elaboración de mapas estratégicos de ruido, se puede elegir la altura del punto de evaluación de los índices de ruido, si bien nunca deber ser inferiores a 1,5 m sobre el nivel del suelo.

#### **2.4.5. Normativa estatal: Real Decreto 1367/2007.**

Por el que se desarrolla la Ley 37/2003 de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. Definen índices de ruido y de vibraciones, sus aplicaciones, efectos y molestias sobre la población y su repercusión en el medio ambiente; se delimitan los distintos tipos de áreas y servidumbres acústicas definidas en el artículo 10 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre; se establecen los objetivos de calidad acústica para cada área, incluyéndose el espacio interior de determinadas edificaciones; se regulan los emisores acústicos fijándose valores límite de emisión o de inmisión así como los procedimientos y los métodos de evaluación de ruidos y vibraciones.

Se establecen los tres periodos temporales de evaluación diarios siguientes:

- Periodo día (d): al periodo día le corresponden 12 horas, de 7:00 a 19:00 horas
- Periodo tarde (e): al periodo tarde le corresponden 4 horas, de 19:00 a 23:00
- Periodo noche (n): al periodo noche le corresponden 8 horas, de 23:00 a 7:00

Se establecen los objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes:

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		L <sub>d</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>n</sub>
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural, que requiera una especial protección contra la contaminación acústica	60	60	50
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial	65	65	55
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c)	70	70	65
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos	73	73	63
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	75	75	65

Tabla II. Objetivos de calidad acústica. Áreas urbanizadas existentes

## 2.4.6. Normativa de aplicación al Proyecto.

Hasta el año 2003 en que, para la transposición de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, se aprobó por el Estado la citada Ley 37/2003, de 17 de noviembre, en la Comunidad de Madrid, el régimen jurídico de la protección contra la contaminación acústica lo conformaba el Decreto 78/1999, de 27 de mayo, por el que se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica de la Comunidad de Madrid.

La posterior aprobación de la legislación básica estatal hace innecesaria la regulación contenida en el Decreto 78/1999, de 27 de mayo, por lo que dicho Decreto queda derogado según el Decreto 55/2012, de 15 de marzo, del Consejo de Gobierno de la Comunidad de Madrid. Por tanto, las normas de aplicación más directa, y que motivan la realización de este documento, son la Ley 37/2003, del Ruido, el Real Decreto 1367/2007, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, y el Real Decreto 1513/2005, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.



# **3**

## **Fase 2. Análisis del escenario acústico.**

### **3.1. Metodología utilizada para la evaluación de niveles sonoros actuales.**

En este punto se describe la metodología empleada para la realización de las medidas de niveles sonoros producidos por fuentes de ruido en el medio ambiente exterior. Se establecen los métodos que se han llevado a cabo para la evaluación de las fuentes de ruido presentes en el ámbito de estudio, tales como el ruido de tráfico rodado, tráfico de aviones, industrial, etc., además de las consideraciones de mayor interés en cuanto al escenario de medida.

Se basa en las exigencias que el Real Decreto 1367/2007 y el Real Decreto 1513/2005 imponen al contenido del presente proyecto y por otra en los conocimientos actualmente existentes en el ámbito de la predicción de los niveles sonoros en ambiente exterior, ajustando y validando convenientemente el modelo a las medidas realizadas “in situ” en la zona, de forma que el proyecto sea una herramienta útil y adecuada para evaluar los niveles de presión sonora en el ámbito de estudio. Además se han utilizado también como documentos de referencia las normas:

- UNE-EN ISO 1996-1:2005 “Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Magnitudes básicas y métodos de evaluación”.
- UNE-EN ISO 1996-2:2009 “Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental”. La metodología seguida sirve como documento guía para las mediciones de ruido ambiental realizadas en el proyecto. Se ha tratado de realizar la medición y evaluación del nivel de ruido en cada punto en base al propio criterio y a la experiencia, justificando técnicamente el procedimiento adoptado. Por otro lado, lo más común es realizar la evaluación del nivel de ruido en una zona teniendo en cuenta la ordenanza de protección frente al ruido existente en el municipio al que pertenece, o la normativa de ruido de la comunidad autónoma al que pertenece dicho municipio. La metodología seguida por La ordenanza municipal de Móstoles es el Real Decreto 1367/2007, por lo que, se ha utilizado como norma de aplicación más directa.

### **3.1.1. Consideraciones generales de la normativa.**

- La estructura del siguiente apartado seguirá la misma que presenta el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. Como el objetivo de esta Fase 1 es la evaluación de los índices de ruido mediante la medición in situ se han adoptado los métodos de medida que cumplan:
- Las definiciones de los índices de ruido del Anexo I del Real Decreto 1367/2007:
- Los métodos de evaluación para los índices de ruido del Anexo IV del Real Decreto 1367/2007.
- Los principios, aplicables a las mediciones para evaluar niveles de ruido en determinados periodos temporales de evaluación expuestos en las normas UNE-EN ISO 1996-1:2005 y UNE-EN ISO 1996-2:2009.

#### **Periodos temporales de evaluación**

El periodo temporal de evaluación establecido en el proyecto ha sido el Periodo día (d): de 7:00 a 19:00. La campaña de medidas se realiza los días 11 de marzo de 2014, 9 de abril de 2014, 7 de mayo de 2014 y 27 de mayo de 2014 entre las 10:00 y las 17:00 horas, la franja horarias más probable en la realización de una intercomparación.

#### **Localización de los puntos de medición**

La localización de los puntos en los que se han realizado mediciones de ruido se ha elegido con el objetivo fundamental de caracterizar la carretera M-856, de forma que el modelo informático pueda ajustarse al máximo a la finalidad de este proyecto.

La figura 9, muestra los cinco puntos elegidos como puntos de medida, teniendo en cuenta las fuentes de ruido indicadas en la Fase 1.



Figura 9. Puntos de medida. Fuente: Google Map. Localización de los puntos de medida.

### **Definición de los índices de ruido utilizados**

El índice de ruido principal utilizado en el proyecto es el índice de ruido continuo equivalente  $L_{Aeq,T}$ . Es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, en decibelios, determinado sobre un intervalo temporal de T segundos, definido en la norma ISO 1996-1:1987.

### **Altura de los puntos de evaluación de los índices de ruido**

La altura seleccionada para los siete puntos estratégicos de evaluación es de 1,5 metros sobre el nivel del suelo.

### **Duración de las medidas**

Se realizan mediciones en los 5 puntos de medida definidos anteriormente, con la duración que establece el Real Decreto 1367/2007, realizando al menos 3 series de mediciones de  $L_{Aeq,T}$ , en las que se realizan 3 mediciones en cada serie de al menos cinco minutos, con intervalos temporales mínimos de 5 minutos entre cada una de las series. Un intervalo de evaluación de 15 minutos de duración se considera suficiente para realizar la evaluación de todas las fuentes de ruido combinadas.

En cada uno de los puntos de la figura 9, cuya descripción se desarrolla en el apartado 3.2. “Campaña de mediciones de los niveles sonoros”, se han realizado 7 series de medidas, que consisten en un registro de niveles sonoros de 3 medias de 5 min cada medida, 15 minutos de duración en cada serie, con resolución de 1 segundo.

### **Rango de frecuencias de interés**

Se realiza un estudio de los niveles de ruido generados por las fuentes de ruido presentes en la zona, analizando un amplio margen de frecuencias. Para la evaluación detallada del ruido por se realiza un análisis espectral del ruido en 1/3 de octava, estudiando el rango de frecuencias entre 8-8000 Hz.

### **Condiciones de medición**

En la realización de las mediciones para la evaluación de los niveles sonoros se guardan las siguientes precauciones:

- Antes y después de cada medición, se realiza una verificación acústica de la cadena de medición mediante calibrador sonoro, que garantice un margen de desviación no superior a 0,3 dB respecto al valor de referencia inicial.
- Las mediciones en el medio ambiente exterior se realizan usando el sonómetro con pantalla antiviento.
- Mientras dura el registro de sonido se toma nota de los eventos sonoros más importantes y durante el registro del sonido se realizaron medidas de las condiciones meteorológicas (humedad, temperatura, presión y velocidad del viento) existentes en esos instantes.

En los puntos estratégicos de evaluación la velocidad del viento ha sido siempre inferior a 5 m/s, por lo que no se desiste de ninguna de las medidas.

En las hojas de campo se describen las condiciones bajo las cuales se realiza la medida. Se anotan los datos relativos a la duración del muestreo, el periodo de medida, día de la semana y hora, condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del aire).

A través del aforador se obtienen datos de conteo de los vehículos ligeros y pesados, con la hora exacta en la que se produce el paso de los mismos durante el intervalo de medición.

La medición directa del nivel de presión sonora continuo equivalente, es posible al tratarse de un ruido estable como es el caso del ruido del tráfico rodado.

### **Principales fuentes de ruido**

A continuación se detallan las observaciones de mayor interés que se han tenido en cuenta a la hora de evaluar los niveles de ruido generados por las fuentes de ruido presentes en la zona de estudio, tales como el ruido de tráfico rodado, ruido de aviones ,ruido industrial etc.

- **Ruido de tráfico rodado**

Esta fuente de ruido se considera como una fuente lineal, y depende directamente de las condiciones del tráfico existente (número y tipo de vehículos, velocidades,...).

En las hojas de campo se describen las condiciones bajo las cuales se realiza la medida. Se anotan los datos relativos a la duración del muestreo, la hora de medida, día de la semana y condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento) y un preciso conteo de los vehículos ligeros y pesados, con la hora exacta tomada por el aforador durante el intervalo de medida.

La medición directa del nivel de presión sonora continuo equivalente, es posible al tratarse de un ruido estable como es el caso del ruido del tráfico rodado.

- **Ruido de aviones**

El índice de valoración que se ha tenido en cuenta para la evaluación de esta fuente de ruido es el nivel equivalente  $L_{Aeq}$ .

Las mediciones consisten en el ruido del paso de aviones que contribuyen de forma significativa a determinar el nivel de presión sonora. La figura 10 es un ejemplo del paso de aviones por la zona de estudio.



Figura 10. Paso de aviones por la zona de estudio.

- **Ruido industrial**

En el proyecto se realiza un análisis del ruido procedente de dos fuentes de ruido distintas, susceptibles de provocar alteraciones en los cinco puntos de medida de ruido de tráfico.

Se estudia la variación temporal de la emisión de ruido de las instalaciones, a partir de los valores  $L_{Aeq}$ , midiendo un total de 15 minutos, con resolución de 1 segundo.

Durante el proceso de medida se identifican las fuentes de ruido bajo estudio. Una vez identificadas, se distingue si son uniformes o sufren variaciones, en cuyo caso se estudia la periodicidad. La figura 11, muestra una de las instalaciones industriales perteneciente al CEIS. Consiste en la parte externa del sistema de climatización, y está situada en la cubierta del edificio principal del CEIS.



Figura 11. Equipo de climatización.

### **Procedimiento de medición**

Para la evaluación de los índices de ruido que establece el Real Decreto 1367/2007 los procedimientos de medición in situ utilizados se ajustan a las siguientes prescripciones:

- Las mediciones se realizan aplicando métodos de muestreo del nivel de presión sonora en intervalos temporales de medida seleccionados dentro del periodo temporal de evaluación.
- En las medidas realizadas in situ en el ámbito de estudio se aplican métodos de muestreo del nivel de presión sonora, para el periodo temporal de evaluación, día y se selecciona un intervalo temporal para cada punto de medida de 15 minutos (900 segundos)
- Para evaluar el índice de ruido referente a los niveles sonoros producidos por todos los emisores acústicos funcionando de forma combinada, en el periodo temporal de evaluación, se utilizarán los valores de los índices  $L_{Aeq,Ti}$  de cada una de las medidas realizadas, aplicando la siguiente expresión:

$$L_{A,eq,T} = 10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0.1 L_{Aeq,Ti}} \right) \quad (1)$$



donde:

T, es el tiempo en segundos correspondiente al periodo temporal de evaluación considerado.

T<sub>i</sub> : intervalo de tiempo de la medida i.

n, es el número de mediciones del conjunto de las series de mediciones realizadas en el periodo de tiempo de referencia T.

El valor del nivel sonoro resultante, se redondeará incrementándolo en 0,5 dB(A), tomando la parte entera como valor resultante.

### **Niveles de evaluación**

Atendiendo a las normas específicas desarrolladas en el Real Decreto 1367/2007, para la evaluación de los índices de ruido referentes a los niveles sonoros producidos por infraestructuras viarias, y aeroportuarias, no es necesario corregir el índice de ruido continuo equivalente por la presencia de componentes tonales emergentes, de baja frecuencia y de carácter impulsivo.

### **3.1.2. Consideraciones ambientales.**

La Norma UNE-EN ISO 1996-2:2009 analiza de forma exhaustiva la influencia de las condiciones meteorológicas en la realización de una medida propiamente medioambiental. En la campaña de medidas realizadas “in situ” se han anotado en las hojas de campo las condiciones bajo las cuales se han llevado a cabo, midiendo temperatura (°C), humedad relativa (%), velocidad del viento (m/s) y dirección del viento.

Se han realizado las medidas bajo condiciones atmosféricas reproducibles asegurando condiciones de propagación sonora bastante estables, con el fin de comparar los resultados.

Se puede diferenciar la superficie del suelo por su dureza, considerando suelos duros y suelos blandos.

Los niveles de presión sonora varían con las condiciones climatológicas, pero dicha variación se ve minimizada, para el caso de suelos blandos, si se cumple la siguiente ecuación:

$$\frac{h_s + h_r}{r} \geq 0.1 \quad (2)$$

donde:

hs: es la altura de la fuente;

hr: es la altura del receptor;

r: es la distancia entre la fuente y el receptor.

Si el suelo es duro, se aceptan distancias de propagación mayores sin que afecten las variaciones de las condiciones ambientales.

En este proyecto se han realizado todas las medidas con trípode apoyado sobre suelo blando, y en ambiente exterior. Además se han efectuado siempre con la pantalla antiviento situada en el micrófono.

## **3.2. Mediciones de los niveles sonoros.**

### **3.2.1. Planteamiento general.**

Para el análisis del escenario acústico actual en el ámbito de estudio se han realizado mediciones de niveles sonoros en ambiente exterior para conocer los niveles de ruido existentes en la zona, con el objetivo de validar la cartografía de ruidos realizada en la Fase 3 y el modelo empleado para el estudio de los niveles de presión sonora.

### **3.2.2. Plan de medidas.**

Se han elegido cinco puntos de medida de ruido en el perímetro externo del CEIS, y cercanos a la carretera M-856 teniendo en cuenta las fuentes de ruido indicadas. La figura 12 muestra una imagen aérea de los puntos de medida elegidos. La zona de estudio en la que se han situado los puntos de medida, forma una línea paralela con la carretera. Los puntos de medida se encuentran a 7 metros de la carretera y alcanzan toda la longitud de la misma en su paso por el CEIS.



Figura 12. Puntos de muestreo. Fuente: Google Map. Localización de los puntos de medida.

Las figura 13, corresponde al punto de medida 1. Es el punto más cercano a la entrada principal del CEIS. Frente al punto 1, se coloca el aforador para el conteo del tráfico rodado.

La figura 14, corresponde al punto de medida 2, situado aproximadamente a una distancia de 15 metros respecto del punto 1 y en una zona cercana todavía a la entrada principal.



Figura 13. Punto de medida P1.



Figura 14. Punto de medida P2.

La figura 15, corresponde al punto de medida 3, se sitúa en la zona central del paso de la carretera. La figura 16, corresponde al punto 4 de medida y se sitúa a 15 metros aproximadamente del punto 3, en sentido Móstoles.



Figura 15. Punto de muestreo P3.



Figura 16. Punto de muestreo P4.

La figura 17, corresponde al punto de medida 5, el último punto más alejado de la entrada principal del CEIS.



Figura 17. Punto de muestreo P5.

### **3.2.3. Instrumentación utilizada.**

Para realizar la campaña de medición “in situ” se dispone de la siguiente instrumentación:

- Equipo de medición: sonómetro tipo 1 Brüel & Kjaer, Modelo 2260.
- Equipo para la comprobación de sonómetros: calibrador 0.1 dB Modelo CAL 01, en el que se han realizado las calibraciones y verificaciones legales correspondientes (Orden del Ministerio de Fomento, de 25 de septiembre de 2007).
- Metro convencional.
- Trípode convencional.
- Grabadora digital Yamaha, modelo PR7.
- Software de análisis de sonido extendido Brüel & Kjaer BZ7202 .
- Datos meteorológicos: La información meteorológica se ha obtenido con termohigroanemómetro TSI Velocicalc Plus, modelo 8386<sup>a</sup>-M-GB.

### 3.2.4. Volcado de datos.

El presente apartado tiene por objeto describir el manejo del software de tratamiento de datos de salida del sonómetro de precisión tipo 2260 (Brüel & Kjær), una vez realizadas las mediciones de campo.

El software utilizado es el “Evaluator type 7820” de Brüel & Kjær. Se utiliza este programa para transferir los datos obtenidos del sonómetro al PC, con una extensión .RLP propia del fabricante del equipo de medida. Se conecta el sonómetro al PC mediante el cable interfaz, se pulsa el botón de transferencia indicado en la figura 18 y se busca el directorio de almacenamiento de las medidas.

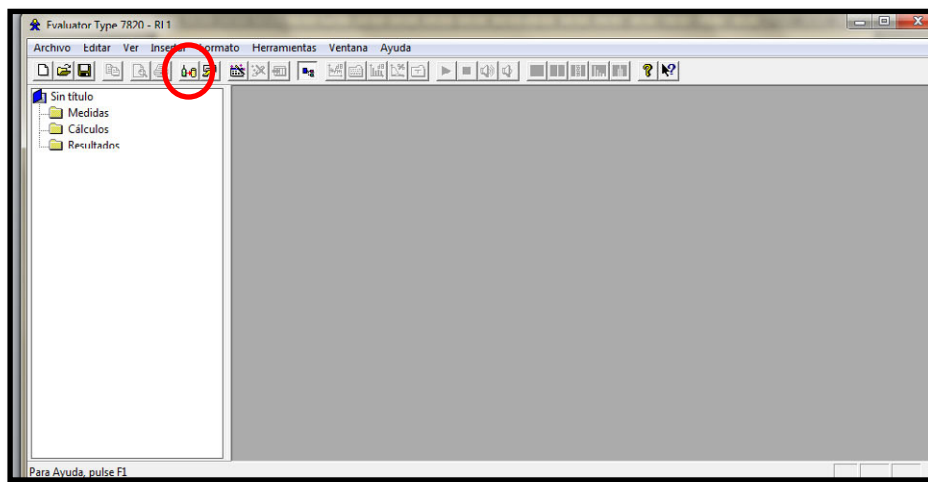


Figura 18. Transferencia de datos del sonómetro al PC.

Una vez que se han transferido los archivos al PC, se obtiene la evolución temporal de los niveles medidos y el espectro en frecuencias por cada segundo, así como los niveles globales correspondientes. La figura 19, es un ejemplo de la presentación de los datos de medida en el software “Evaluator type 7820” de Brüel & Kjær.

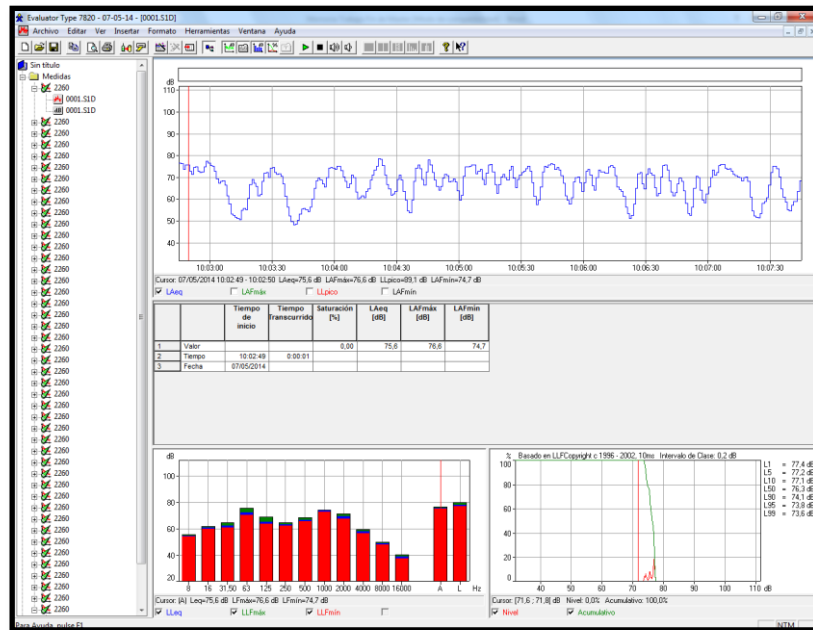


Figura 19. Presentación de los datos de medida.

### 3.2.5. Caracterización del ruido de la zona.

Para evaluar el ruido ambiental existente en la zona de estudio es necesario analizar, por un lado, el ruido residual, y por otro el ruido intermitente asociado a sucesos aislados. En el apartado 3.1.1. “Consideraciones generales de la normativa”, se comenta que para evaluar el índice de ruido referente a los niveles sonoros producidos por todos los emisores acústicos funcionando de forma combinada, se utiliza el índice  $L_{Aeq,Ti}$  (índice de ruido continuo equivalente).

El nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A ( $L_{Aeq,T}$ ), como indicador del ruido ambiental, no corresponde a una simple media aritmética de los niveles sonoros instantáneos. El  $L_{Aeq,T}$  realiza la suma de la energía acústica recibida durante el intervalo de tiempo. Dicho intervalo correspondería a 3 medidas realizadas “in situ” del nivel equivalente de  $T=5$  minutos cada una en las medidas.

En el proyecto se usa el  $L_{Aeq,T}$  como indicador de las molestias de ruido generado en el entorno, en el que se consideran de forma conjunta todas las posibles fuentes de ruido. La utilización del  $L_{Aeq,T}$  como indicador del ruido en los campos de exposición ocupacional, ruido de los transportes terrestres, ruido en ambientes exteriores, etc., permite establecer comparaciones y agregar fácilmente los niveles procedentes de distintas fuentes.



Las ventajas que ofrece este indicador son las siguientes:

- Es un índice relativamente sencillo de comprender, en comparación con otros índices, que mide un concepto acústico muy claro: la energía media durante un determinado periodo de tiempo. Permite establecer comparaciones y agregar niveles procedentes de diversas fuentes.
- Es el más utilizado en las evaluaciones de impacto ambiental ya que permite considerar diferentes periodos de tiempo para la evaluación del impacto permitiendo comparar los niveles originados por una determinada fuente con los niveles de fondo ambientales existentes en una determinada zona.

El tiempo de medida en cada punto ha sido de 5 minutos, repitiendo cada medida 3 veces en cada punto, con espaciamiento mínimo entre las medidas de al menos 5 minutos y tomando valores cada 1 segundo.

En la medición de ruido de sucesos aislados (por ejemplo el sobrevuelo de aviones, durante los cuales el ruido varía durante el sobrevuelo pero está ausente durante una parte considerable del intervalo temporal de referencia), el intervalo de almacenamiento es también de 1 segundo escogido para poder determinar el nivel de exposición sonora,  $L_{AE}$ , del suceso aislado.

El nivel de exposición sonora ( $L_{AE}$ ), se define como el nivel de presión sonora de un ruido continuo que tiene la misma energía en un segundo que la del ruido real durante el intervalo de tiempo T (en que se produce el evento sonoro). Se utiliza para clasificar y comparar sucesos de ruido de diferente duración. Este índice también lo miden los sonómetros integradores. Se puede expresar de la siguiente forma:

$$L_{AE} = 10 \log \left[ \int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{L_t}{10}} \cdot dt \right] \quad \text{dB(A)} \quad (3)$$

donde;

$L_t$ : Nivel sonoro  $L_{Ai}$  (Nivel equivalente en cada periodo  $t_i=1s$ ).

$\Sigma t_i$ : Tiempo real de exposición.



Para llevar a cabo la evaluación del ruido existente en la zona del proyecto, se realiza el análisis de las medidas con los dos índices descritos anteriormente, nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A ( $L_{Aeq,T}$ ) y nivel de exposición sonora ( $L_{AE}$ ). El primero de ellos se utiliza para evaluar conjuntamente el ruido procedente de varias fuentes combinadas, y el segundo para evaluar los sucesos sonoros individuales.

A continuación se muestran los resultados de las medidas ejecutada “in situ” en la zona de estudio, exponiendo los resultados en forma de fichas de resultados:

### **3.3. Resultados de las medidas.**

A continuación se adjuntan los resultados de las medidas en los cinco puntos de muestreo elegidos, tomando en cada punto tres muestras de 5 minutos de duración y registrando cada 1 segundo el nivel de presión continua equivalente. Este proceso corresponde a una serie de medidas, por lo que se repite siete veces obteniendo así 7 series de medidas.

#### **3.3.1. Resultados de las medidas de la SERIE 1.**

Las medidas de la serie 1 se tomaron el día 11 de marzo de 2014 entre las 11:00-13:00 horas. Los niveles obtenidos durante las medidas, las condiciones climatológicas, así como el conteo de los vehículos, las velocidades y las diferentes observaciones se presentan en las siguientes figuras:

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 20, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 1 de la serie

1.

PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
1	1	1	11:15	11/03/2014	5min	70,9	70	
		2	11:24	11/03/2014	5min	69,8		
		3	11:34	11/03/2014	5min	70,6		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	17.1		26.5		3.7		SUR	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	320		59		34 / 9.6		58	1
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 20. Medida de 15 min en el punto 1 de la serie 1.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 21, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 2 de la serie

1.


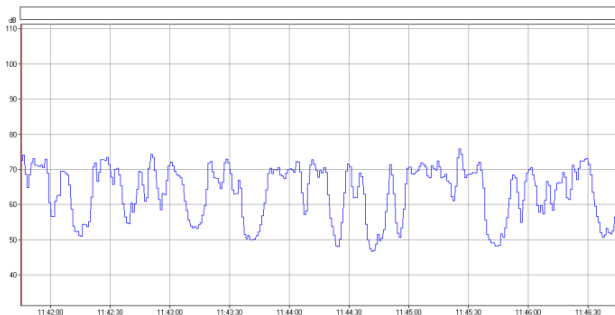
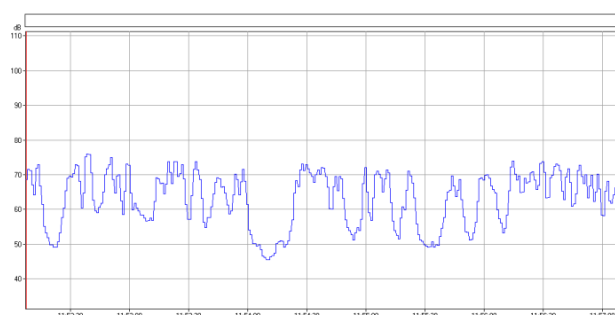
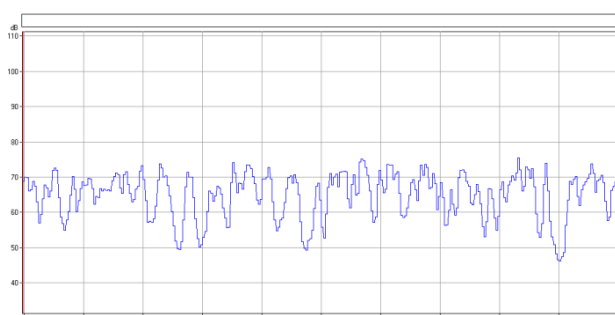
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
2	1	1	11:41	11/03/2014	5min	67,6	68	
		2	11:52	11/03/2014	5min	67,5		
		3	11:59	11/03/2014	5min	67,9		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	17.8		24.5		2.9		SUR	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	303		60		21 / 6.5		59	4
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 21. Medida de 15 min en el punto 2 de la serie 1.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 22, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 3 de la serie

1.


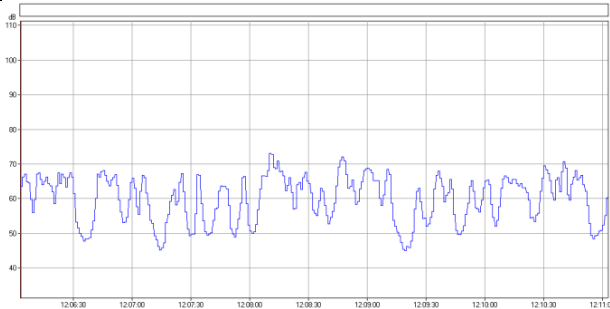
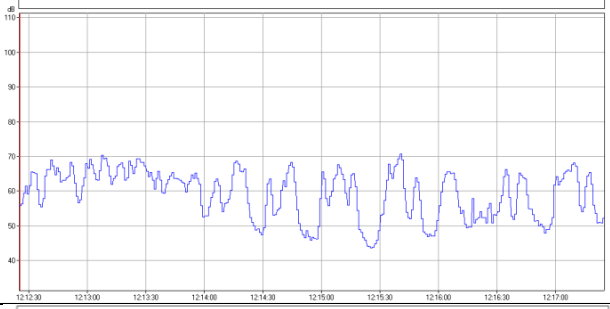
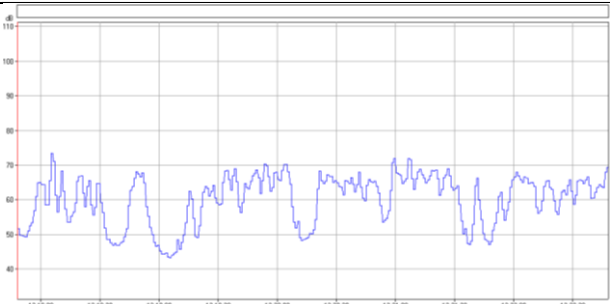
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
3	1	1	12:06	11/03/2014	5min	63,6	64	
		2	12:12	11/03/2014	5min	62,9		
		3	12:17	11/03/2014	5min	64		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	17.8		24.5		2.9		SUR	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	183		62		12 / 6		59	2
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 22. Medida de 15 min en el punto 3 de la serie 1.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 23, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 4 de la serie

1.

PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
4	1	1	12:24	11/03/2014	5min	64,6	65	
		2	12:30	11/03/2014	5min	64,6		
		3	12:35	11/03/2014	5min	65,3		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	17.8		26.5		2.8		SUR	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	N° VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		N° VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	N° DE AVIONES
	195		61		12 / 5.8		60	2
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 23. Medida de 15 min en el punto 4 de la serie 1.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 24, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 5 de la serie

1.


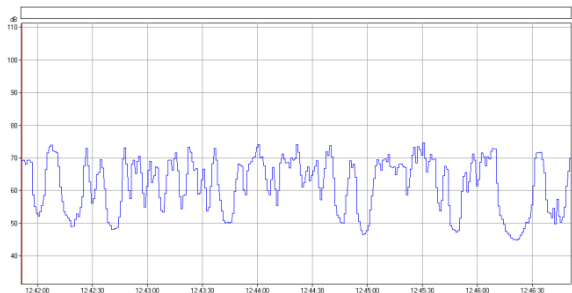
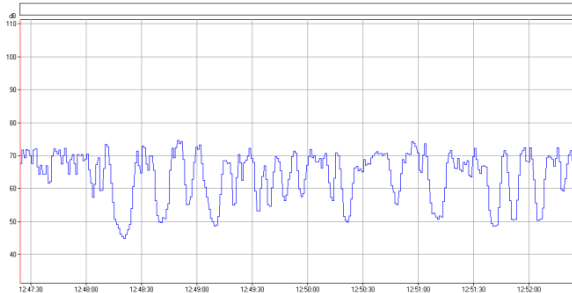
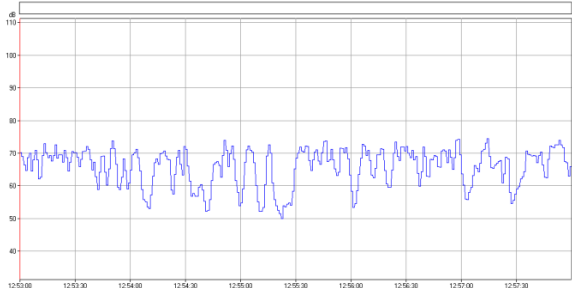
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAeq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
5	1	1	12:41	11/03/2014	5min	66,8	68	
		2	12:47	11/03/2014	5min	67,6		
		3	12:53	11/03/2014	5min	68,2		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	18.2		27.3		2.1		SUR	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	207		62		11 / 5		62	1
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 24. Medida de 15 min en el punto 5 de la serie 1.

### **3.3.2. Resultados de las medidas de la SERIE 2**

Las medidas de la serie 2 se tomaron el día 09 de abril de 2014 entre las 10:00-12:30 horas. Los niveles obtenidos durante las medidas, las condiciones climatológicas, así como el conteo de los vehículos, las velocidades y las diferentes observaciones se presentan en las siguientes figuras:

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 25, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 1 de la serie

2.


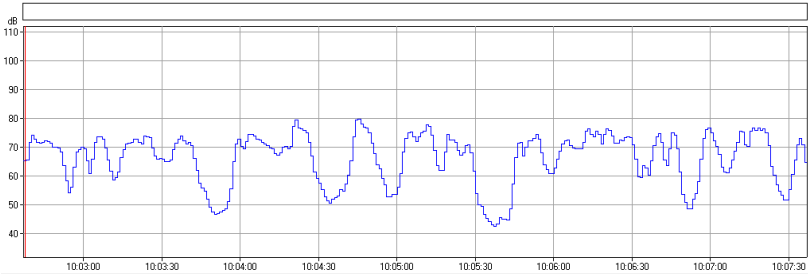
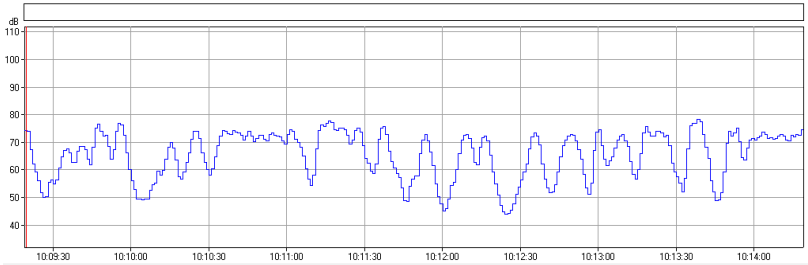
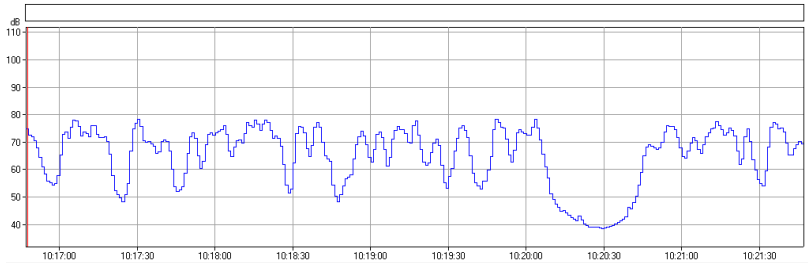
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
1	2	1	10:02	09/04/2014	5min	71,0	71	
		2	10:09	09/04/2014	5min	70,3		
		3	10:16	09/04/2014	5min	71,3		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	16.3		24.5		1.7		SUROESTE	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	247		67		24 / 8.9		62	-
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 25. Medida de 15 min en el punto 1 de la serie 2.



## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 26, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 2 de la serie

2.


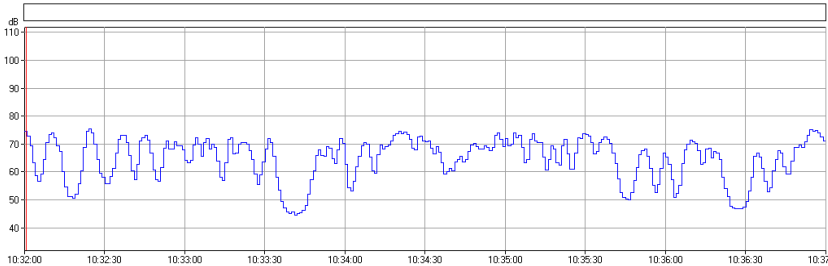
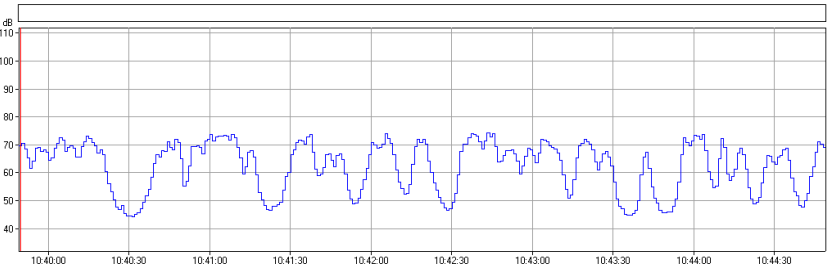
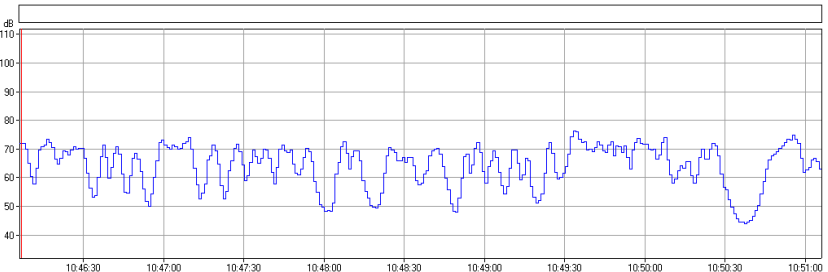
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
2	2	1	10:32	09/04/2014	5min	68,4	68	
		2	10:39	09/04/2014	5min	67,5		
		3	10:46	09/04/2014	5min	67,9		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	16.3		24.5		1.7		SUROESTE	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	236		68		19 / 7.5		64	3
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 26. Medida de 15 min en el punto 2 de la serie 2.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 27, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 3 de la serie

2.


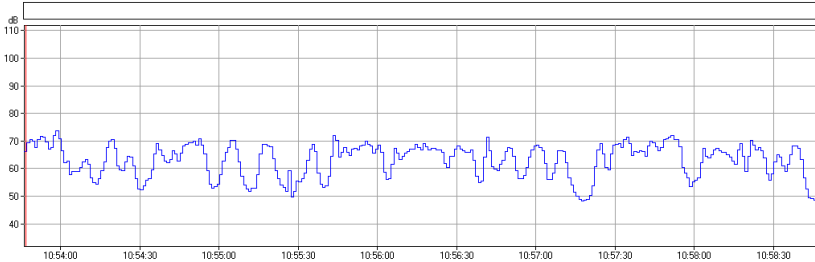
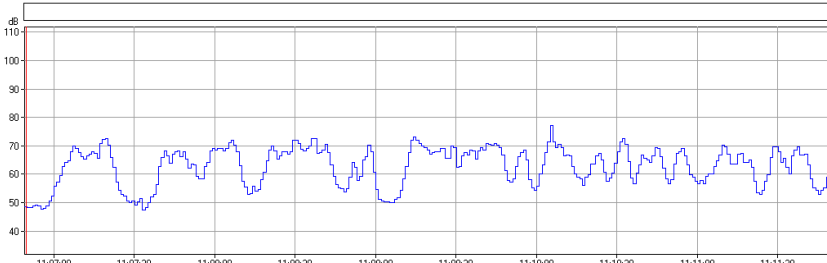
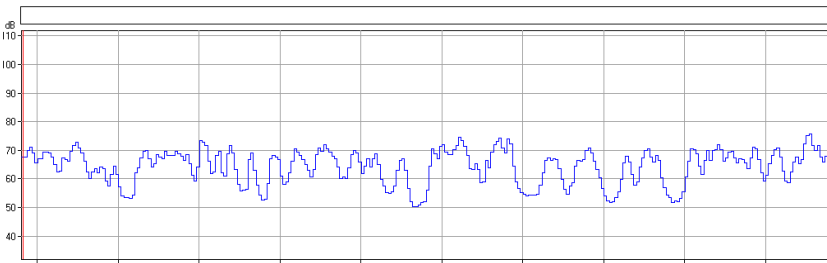
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
3	2	1	10:53	09/04/2014	5min	65,8	66	
		2	11:06	09/04/2014	5min	66,3		
		3	11:14	09/04/2014	5min	67,1		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	16.3		24.5		1.7		SUROESTE	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	233		66		21 / 8.3		60	3
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								


Figura 27. Medida de 15 min en el punto 3 de la serie 2.

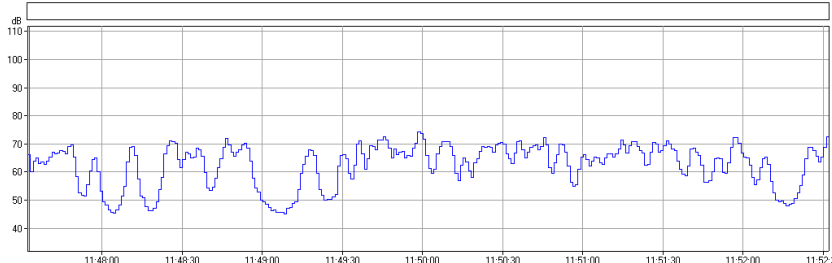
## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

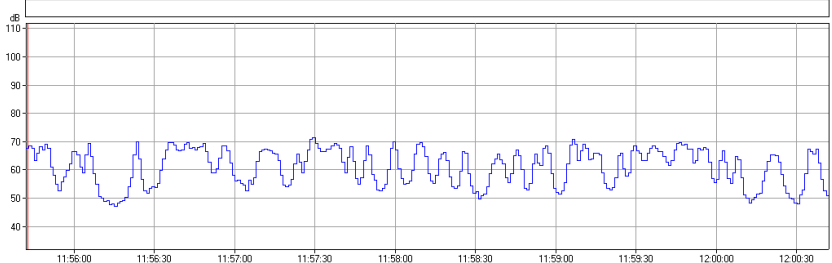
La figura 28, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 4 de la serie

2.

PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)
4	2	1	11:47	09/04/2014	5min	66,2	66
		2	11:55	09/04/2014	5min	64,3	
		3	12:03	09/04/2014	5min	65,9	

	CONDICIONES METEOROLÓGICAS				
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)	VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)	DIRECCIÓN DEL VIENTO
	16.3		24.5	1.7	SUROESTE
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES				
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS	VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)	Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)	VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	251	63	13 / 4.9	63	-
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)				

MEDIDA 1	
----------	--

MEDIDA 2	
----------	--

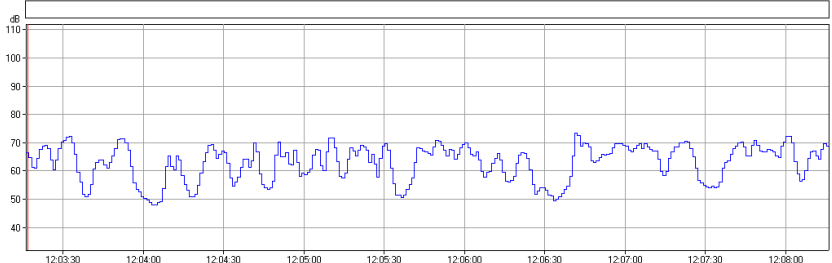
MEDIDA 3	
----------	--

Figura 28. Medida de 15 min en el punto 4 de la serie 2.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 29, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 5 de la serie

2.


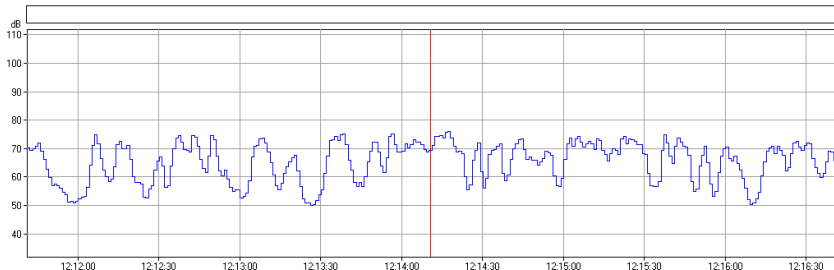
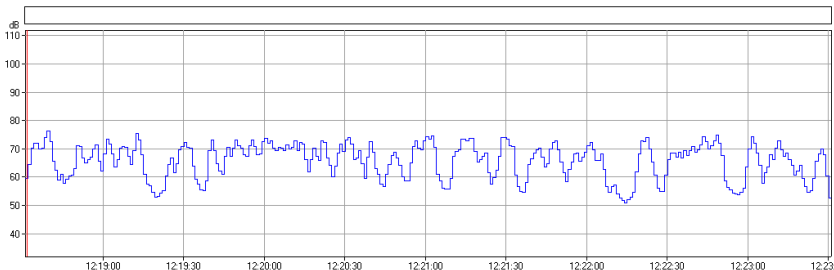
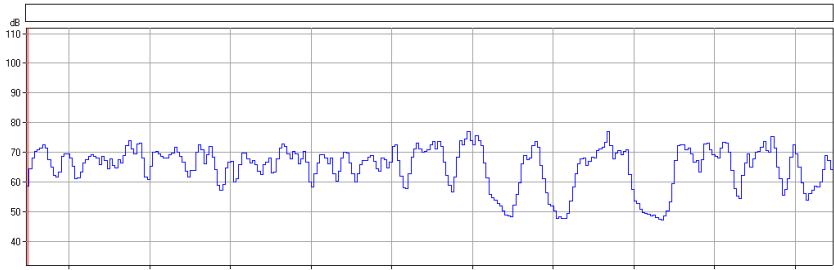
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAeq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
5	2	1	12:11	09/04/2014	5min	68,9	69	
		2	12:18	09/04/2014	5min	68,7		
		3	12:25	09/04/2014	5min	68,4		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	16.3		24.5		1.7		SUROESTE	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	275		61		12 / 4.2		60	2
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 29. Medida de 15 min en el punto 5 de la serie 2.

### **3.3.3. Resultados de las medidas de la SERIE 3**

Las medidas de la serie 3 se tomaron el día 07 de mayo de 2014 entre las 10:00-11:45 horas. Los niveles obtenidos durante las medidas, las condiciones climatológicas, así como el conteo de los vehículos, las velocidades y las diferentes observaciones se presentan en las siguientes figuras:

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 30, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 1 de la serie

3.


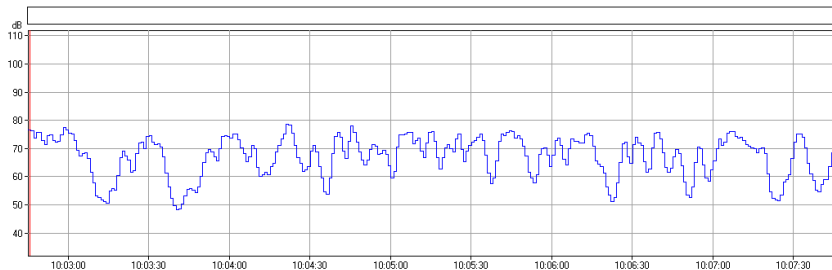
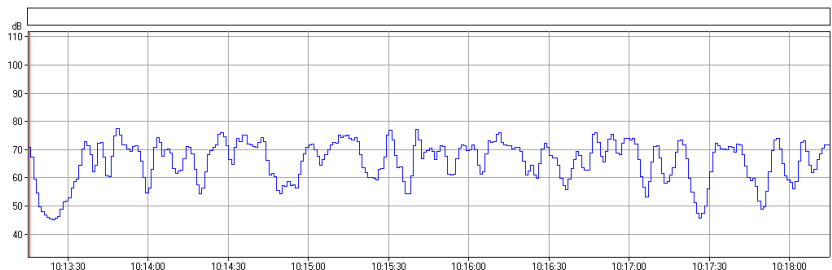
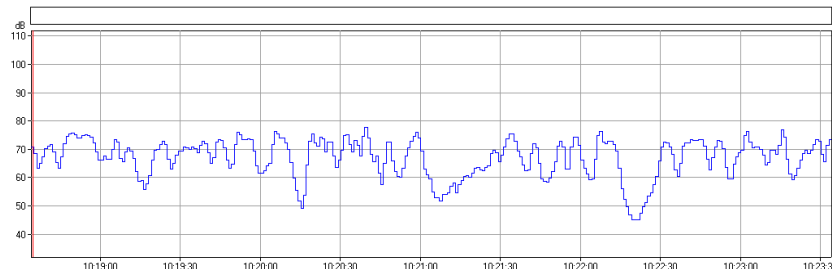
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAeq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
1	3	1	10:02	07/05/2014	5min	70,8	70	
		2	10:13	07/05/2014	5min	69,6		
		3	10:18	07/05/2014	5min	70,1		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	22		39		0.48		SUR	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	241		61		7 / 2.8		58	1
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 30. Medida de 15 min en el punto 1 de la serie 3.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 31, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 2 de la serie

3.


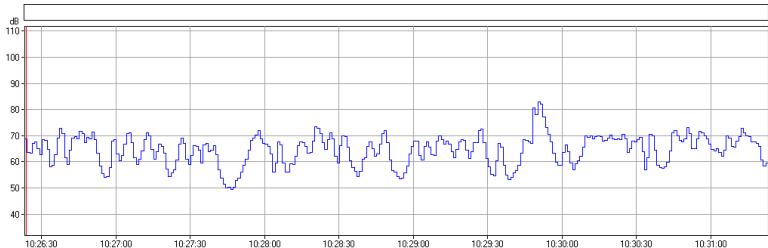
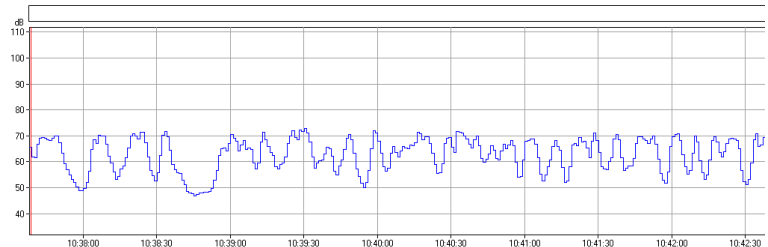
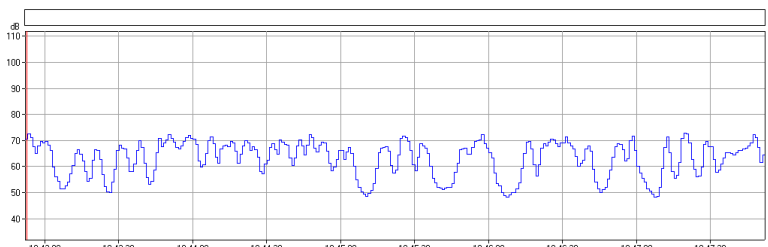
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
2	3	1	10:26	07/05/2014	5min	68,1	68	
		2	10:37	07/05/2014	5min	66		
		3	10:42	07/05/2014	5min	66,2		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	22		39		0.48		SUR	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	244		61		9 / 3.6		57	-
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 31. Medida de 15 min en el punto 2 de la serie 3.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 32, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 3 de la serie

3.

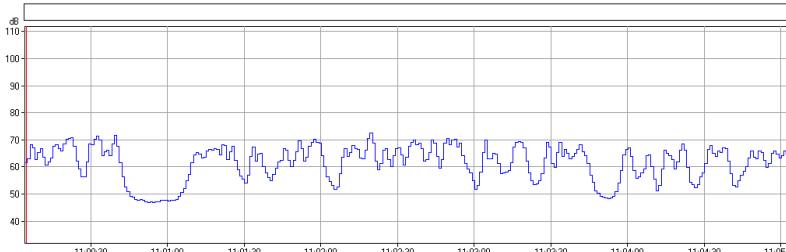
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
3	3	1	10:49	07/05/2014	5min	64,7	65	
		2	10:54	07/05/2014	5min	65,2		
		3	11:00	07/05/2014	5min	64,6		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	22		39		0.48		SUR	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	246		61		12 / 4.7		60	-
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 32. Medida de 15 min en el punto 3 de la serie 3.



## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 33, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 4 de la serie

3.


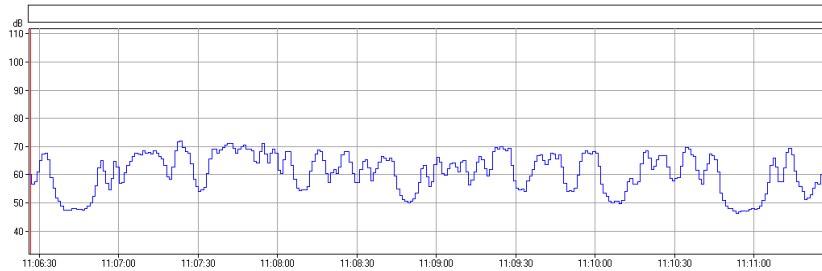
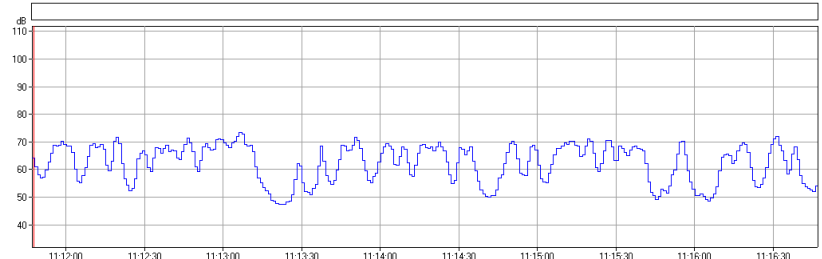
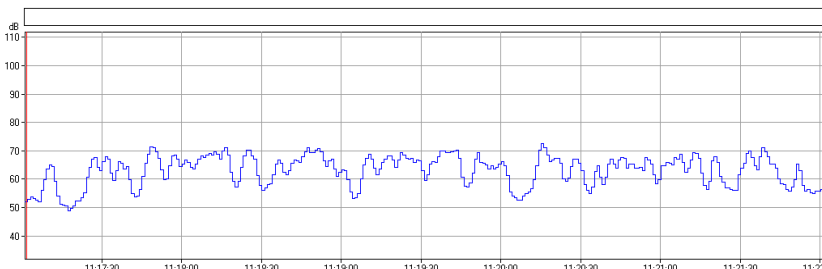
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
4	3	1	11:06	07/05/2014	5min	64,4	65	
		2	11:11	07/05/2014	5min	65,7		
		3	11:17	07/05/2014	5min	65,4		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	22		39		0.48		SUR	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	N° VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		N° VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	N° DE AVIONES
	248		58		12 / 4.6		58	2
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 33. Medida de 15 min en el punto 4 de la serie 3.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 34, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 5 de la serie

3.


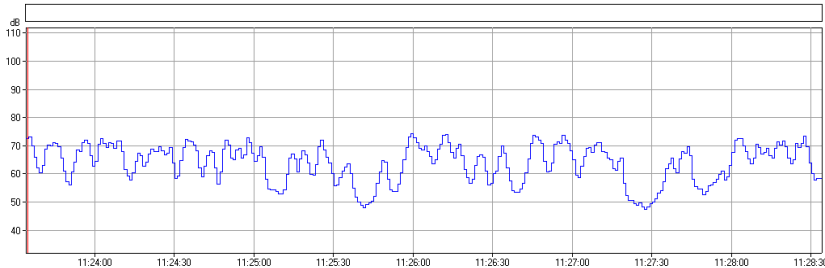
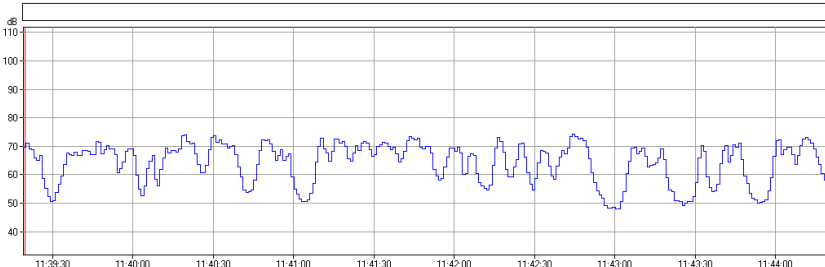
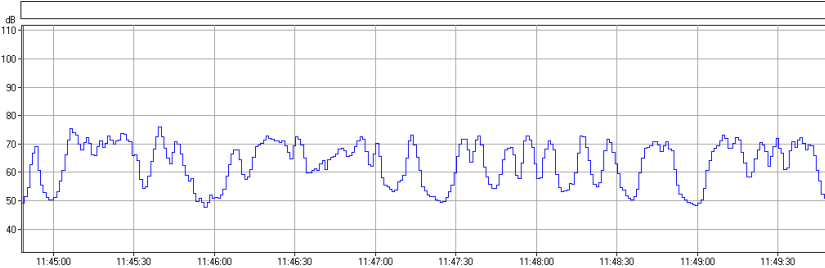
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAeq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
5	3	1	11:23	07/05/2014	5min	67,1	67	
		2	11:39	07/05/2014	5min	67,6		
		3	11:44	07/05/2014	5min	67,4		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	22		39		0.48		SUR	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	262		60		4 / 1.5		60	2
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 34. Medida de 15 min en el punto 5 de la serie 3.

### **3.3.4. Resultados de las medidas de la SERIE 4**

Las medidas de la serie 4 se tomaron el día 07 de mayo de 2014 entre las 11:50-13:30 horas. Los niveles obtenidos durante las medidas, las condiciones climatológicas, así como el conteo de los vehículos, las velocidades y las diferentes observaciones se presentan en las siguientes figuras:

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 35, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 1 de la serie

4.


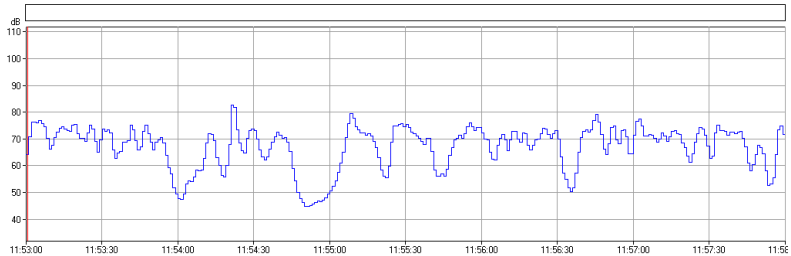
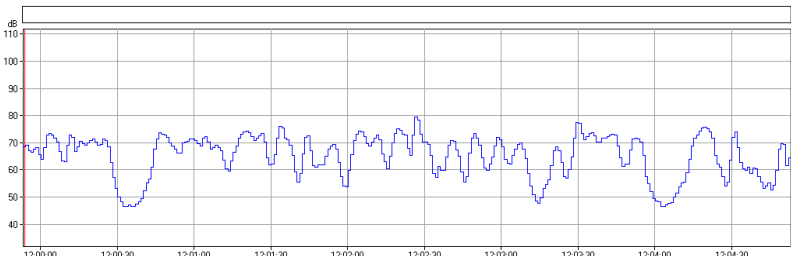
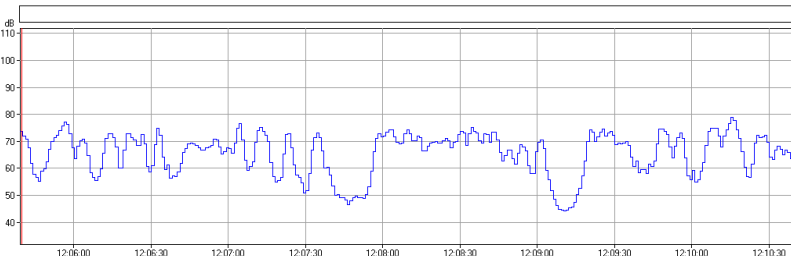
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
1	4	1	11:53	07/05/2014	5min	71,2	70	
		2	11:59	07/05/2014	5min	69,3		
		3	12:05	07/05/2014	5min	69,6		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	26.6		31.2		0.55		SUR	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	290		62		3 / 1		57	3
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 35. Medida de 15 min en el punto 1 de la serie 4.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 36, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 2 de la serie

4.


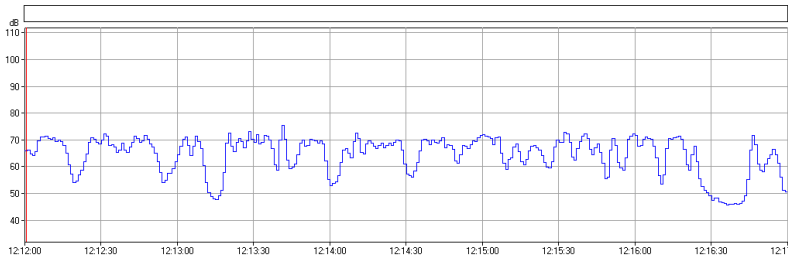
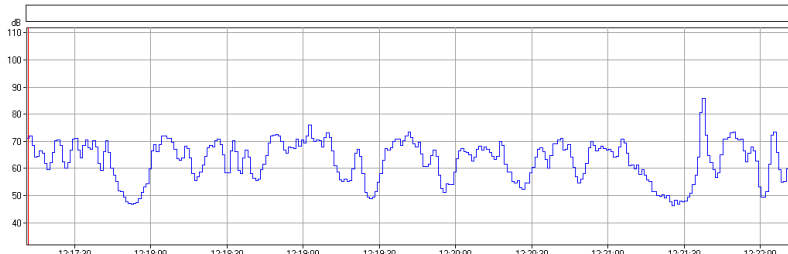
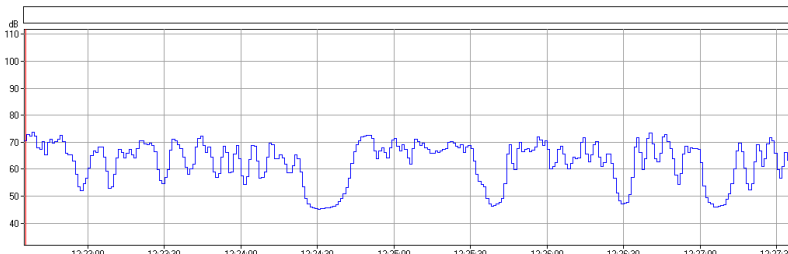
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
2	4	1	12:12	07/05/2014	5min	67,5	67	
		2	12:17	07/05/2014	5min	67,9		
		3	12:22	07/05/2014	5min	66,5		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	26.6		31.2		0.55		SUR	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	292		60		9 / 3		55	2
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 36. Medida de 15 min en el punto 2 de la serie 4.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 37, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 3 de la serie

4.


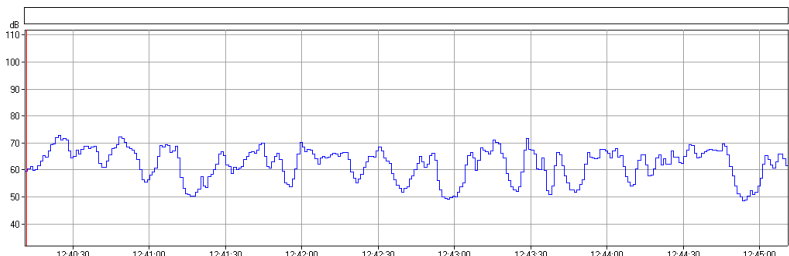
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
3	4	1	12:29	07/05/2014	5min	65,4	65	
		2	12:34	07/05/2014	5min	64,3		
		3	12:40	07/05/2014	5min	64,9		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	26.6		31.2		0.55		SUR	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	268		61		5 / 1.8		58	4
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 37. Medida de 15 min en el punto 3 de la serie 4.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 38, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 4 de la serie

4.

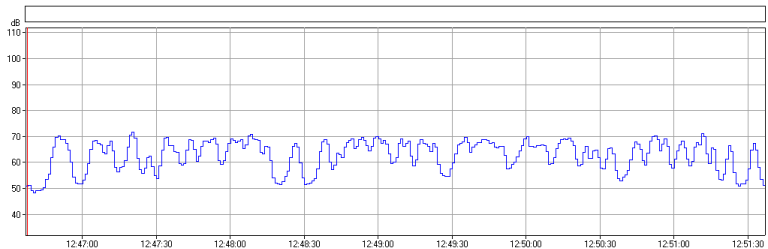
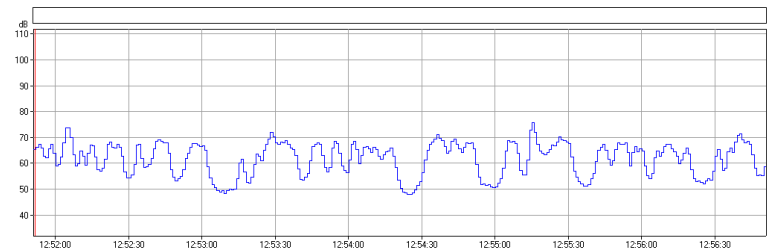
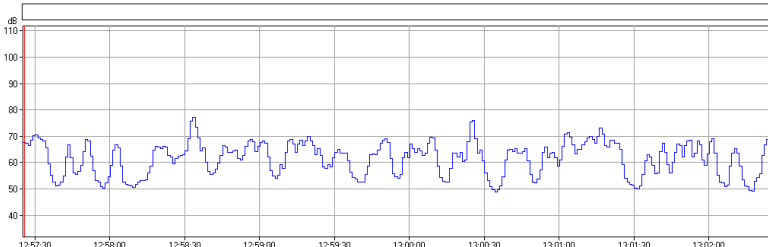
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
4	4	1	12:46	07/05/2014	5min	65,3	65	
		2	12:51	07/05/2014	5min	65		
		3	12:57	07/05/2014	5min	65,1		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	26.6		31.2		0.55		SUR	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	N° VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		N° VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	N° DE AVIONES
	278		62		5/ 1.8		63	3
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
	MEDIDA 1							
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 38. Medida de 15 min en el punto 4 de la serie 4.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 39, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 5 de la serie

4.


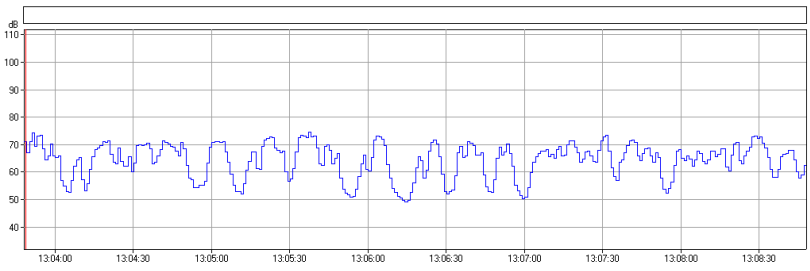
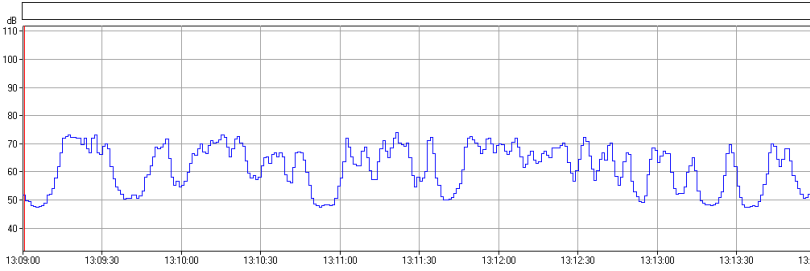
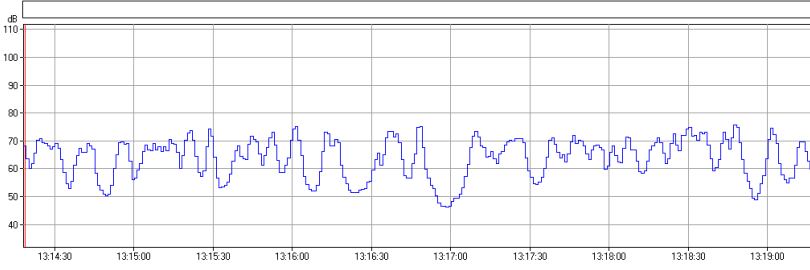
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
5	4	1	13:03	07/05/2014	5min	67,1	67	
		2	13:09	07/05/2014	5min	67,6		
		3	13:14	07/05/2014	5min	67,4		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	26.6		31.2		0.55		SUR	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	N° VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		N° VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	N° DE AVIONES
	305		62		9 / 2.9		62	1
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 39. Medida de 15 min en el punto 5 de la serie 4.



### **3.3.5. Resultados de las medidas de la SERIE 5**

Las medidas de la serie 5 se tomaron el día 27 de mayo de 2014 entre las 09:00-11:00 horas. Los niveles obtenidos durante las medidas, las condiciones climatológicas, así como el conteo de los vehículos, las velocidades y las diferentes observaciones se presentan en las siguientes figuras:

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 40, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 1 de la serie

5.

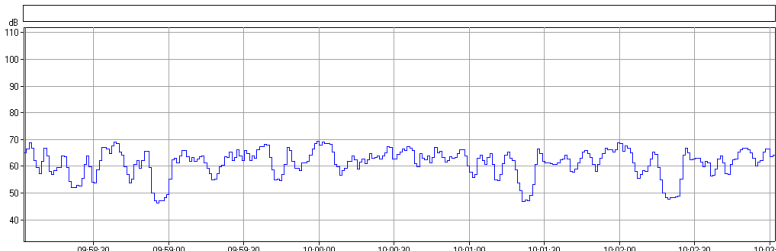
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
1	5	1	9:03	27/05/2014	5min	70,1	70	
		2	9:09	27/05/2014	5min	70,3		
		3	9:15	27/05/2014	5min	69,8		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	18.0		41.8		2.9		NORTE	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	304		58		7 / 2.3		54	-
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 40. Medida de 15 min en el punto 1 de la serie 5.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 41, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 2 de la serie

5.


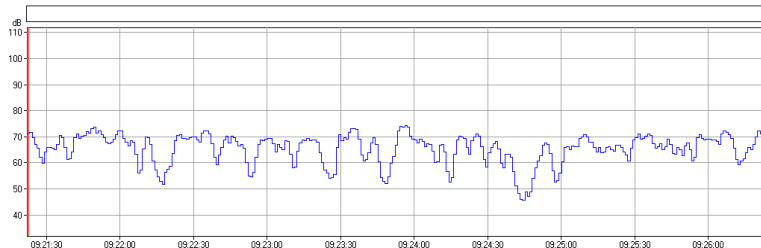
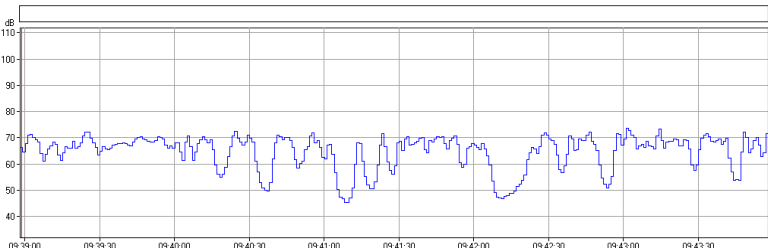
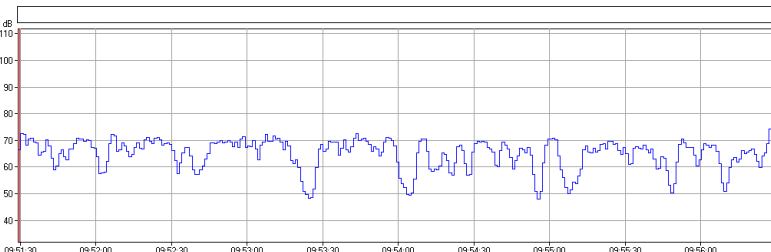
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
2	5	1	9:21	27/05/2014	5min	67,6	67	
		2	9:38	27/05/2014	5min	67,2		
		3	9:51	27/05/2014	5min	67,1		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	18.0		41.8		2.9		NORTE	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	267		59		10 / 3.6		56	3
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 41. Medida de 15 min en el punto 2 de la serie 5.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 42, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 3 de la serie

5.

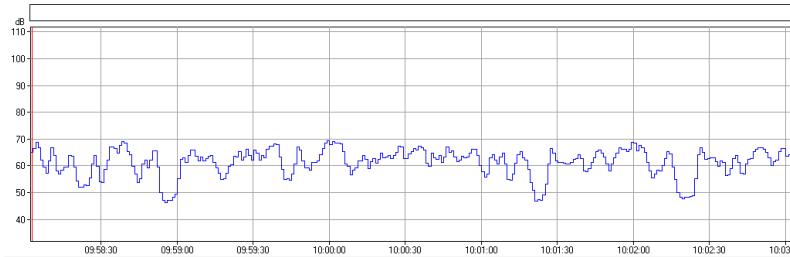
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
3	5	1	9:58	27/05/2014	5min	63,3	63	
		2	10:03	27/05/2014	5min	62,4		
		3	10:11	27/05/2014	5min	62,6		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	18.0		41.8		2.9		NORTE	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	279		57		9 / 3.1		56	2
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 42. Medida de 15 min en el punto 3 de la serie 5.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 43, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 4 de la serie

5.


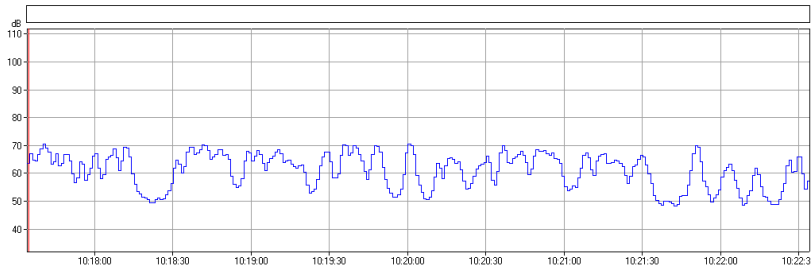
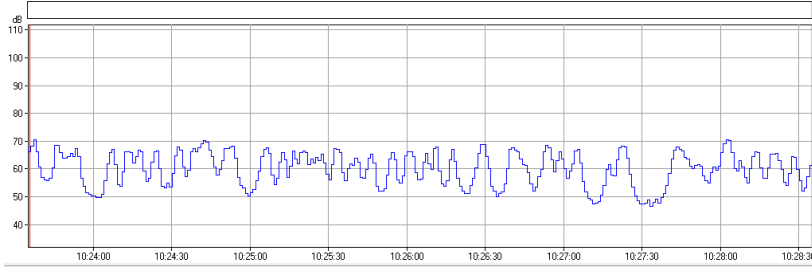
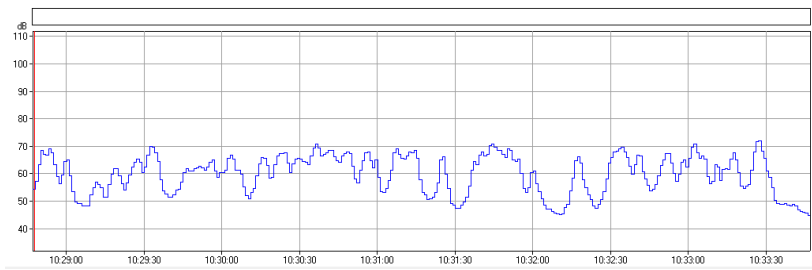
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
4	5	1	10:17	27/05/2014	5min	64,1	64	
		2	10:23	27/05/2014	5min	63,1		
		3	10:29	27/05/2014	5min	63,7		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	18.0		41.8		2.9		NORTE	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	264		56		6/ 2.2		51	2
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 43. Medida de 15 min en el punto 4 de la serie 5.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 44, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 5 de la serie

5.


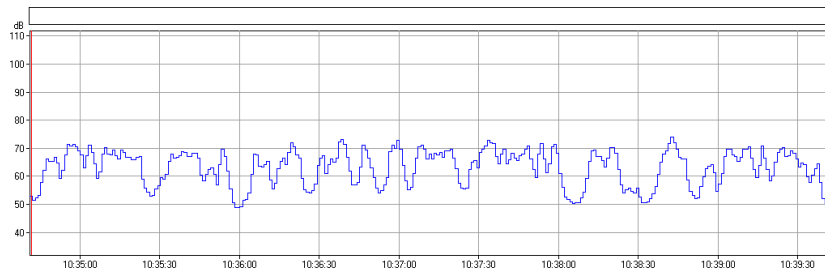
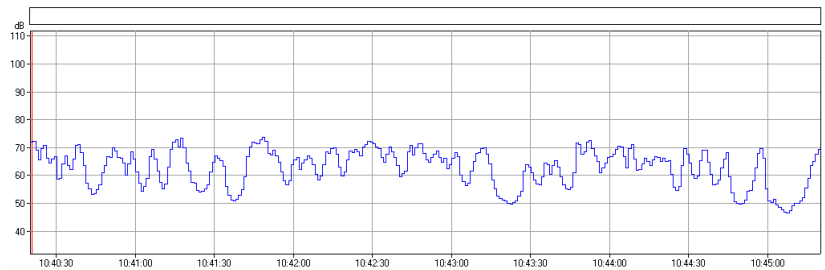
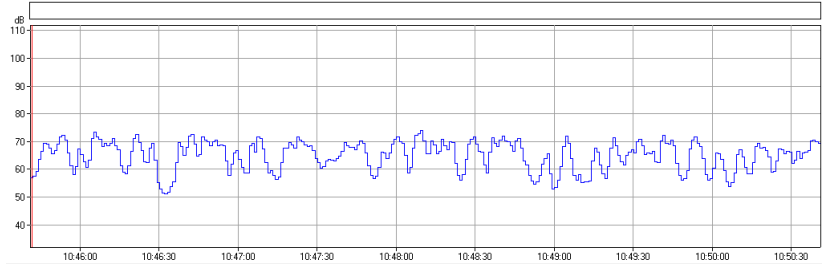
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
5	5	1	10:35	27/05/2014	5min	66,2	66	
		2	10:40	27/05/2014	5min	66,1		
		3	10:45	27/05/2014	5min	67,1		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	18.0		41.8		2.9		NORTE	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	244		59		11 / 4.3		58	2
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 44. Medida de 15 min en el punto 5 de la serie 5.

### **3.3.6. Resultados de las medidas de la SERIE 6**

Las medidas de la serie 6 se tomaron el día 27 de mayo de 2014 entre las 10:50-12:30 horas. Los niveles obtenidos durante las medidas, las condiciones climatológicas, así como el conteo de los vehículos, las velocidades y las diferentes observaciones se presentan en las siguientes figuras:

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 45, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 1 de la serie

6.


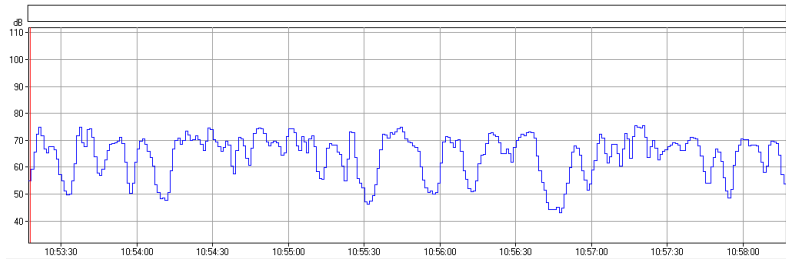
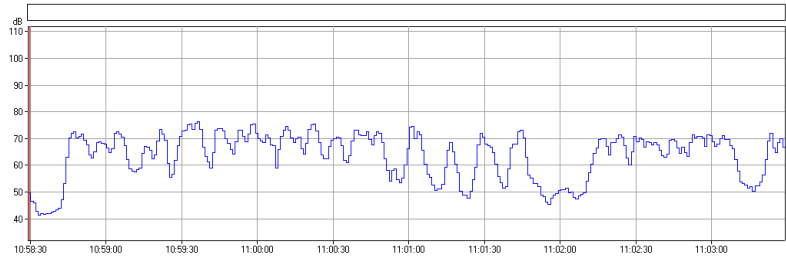
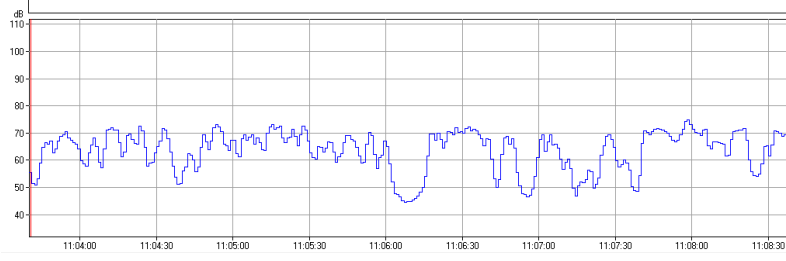
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
1	6	1	10:53	27/05/2014	5min	68,4	68	
		2	10:58	27/05/2014	5min	68,3		
		3	11:03	27/05/2014	5min	67,2		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	24.6		29.8		0.5		NORTE	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	242		56		9 / 3.6		52	-
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 45. Medida de 15 min en el punto 1 de la serie 6.



## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 46, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 2 de la serie

6.


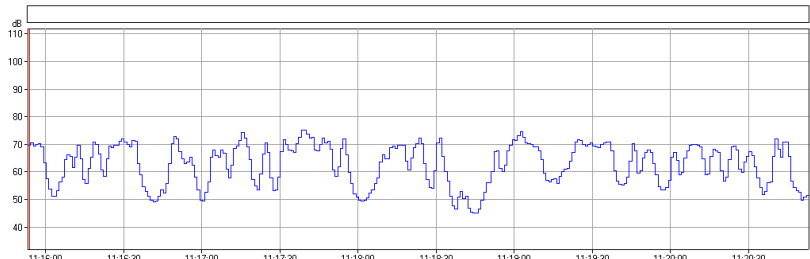
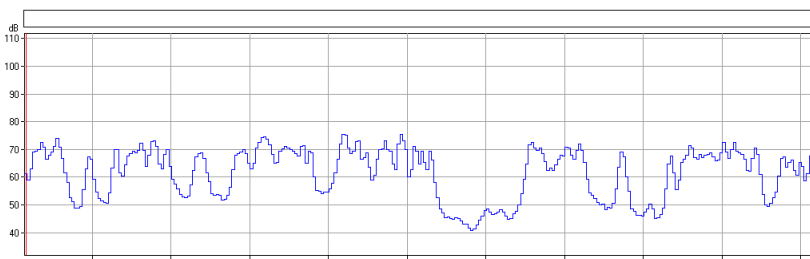
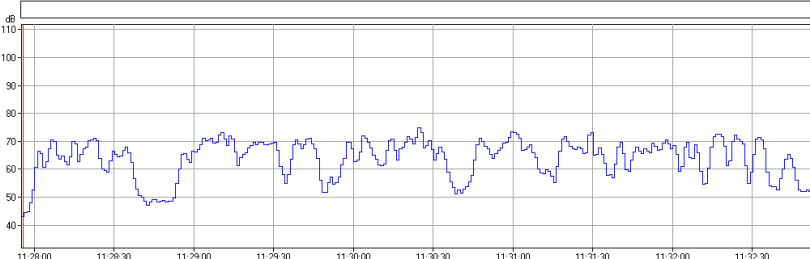
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)
2	6	1	11:16	27/05/2014	5min	66,9	67
		2	11:21	27/05/2014	5min	66,9	
		3	11:28	27/05/2014	5min	67	
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS						
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO
	24.6		29.8		0.5		NORTE
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES						
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)
	248		58		7 / 2.7		57
							Nº DE AVIONES
							3
EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1							
MEDIDA 2							
MEDIDA 3							

Figura 46. Medida de 15 min en el punto 2 de la serie 6.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 47, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 3 de la serie

6.


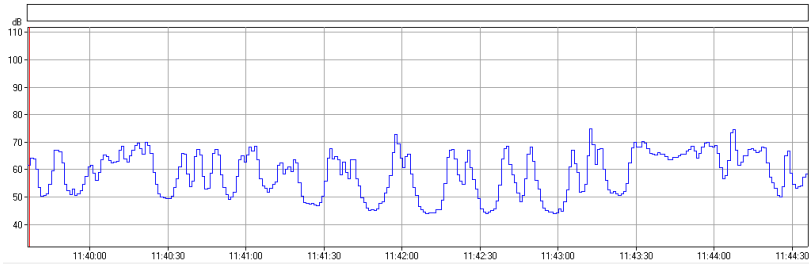
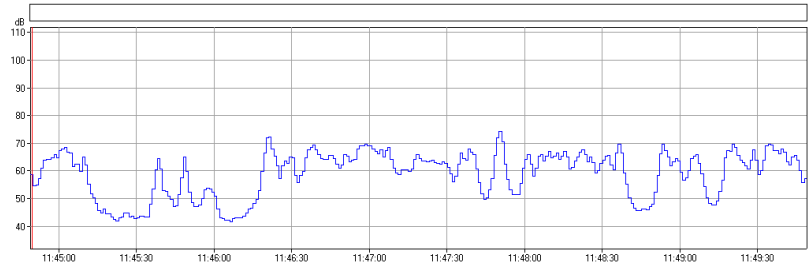
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
3	6	1	11:34	27/05/2014	5min	64,2	64	
		2	11:39	27/05/2014	5min	63,9		
		3	11:45	27/05/2014	5min	63,7		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	24.6		29.8		0.5		NORTE	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	222		59		9 / 3.9		57	2
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 47. Medida de 15 min en el punto 3 de la serie 6.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 48, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 4 de la serie

6.


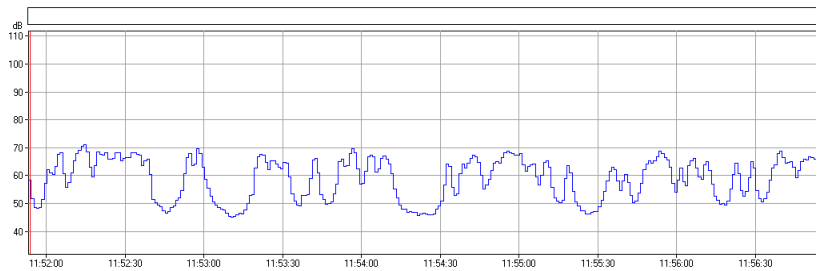
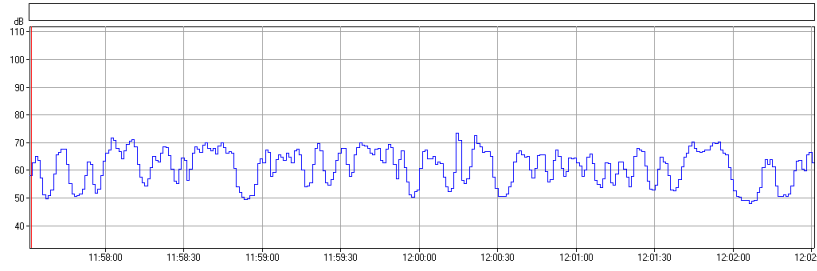
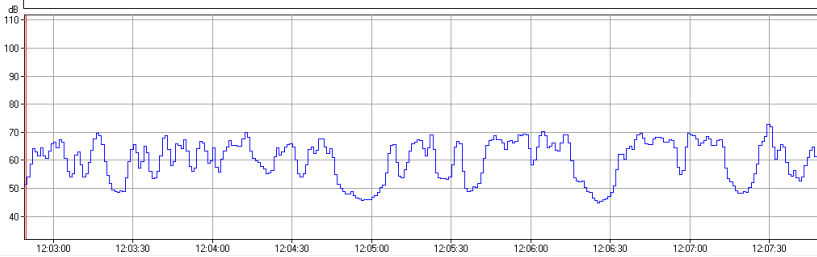
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
4	6	1	11:52	27/05/2014	5min	63	64	
		2	11:57	27/05/2014	5min	64,4		
		3	12:02	27/05/2014	5min	63,8		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	24.6		29.8		0.5		NORTE	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	N° VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		N° VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	N° DE AVIONES
	246		59		5/ 2		57	3
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 48. Medida de 15 min en el punto 4 de la serie 6.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 49, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 5 de la serie

6.

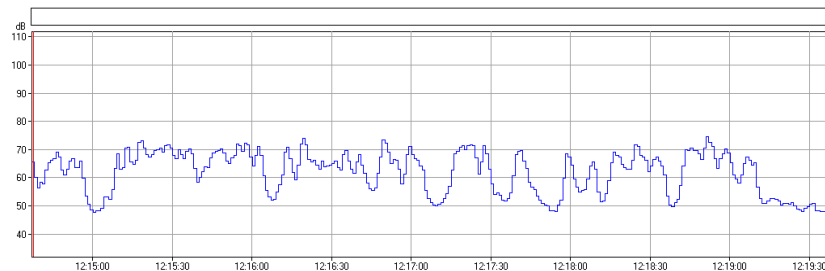
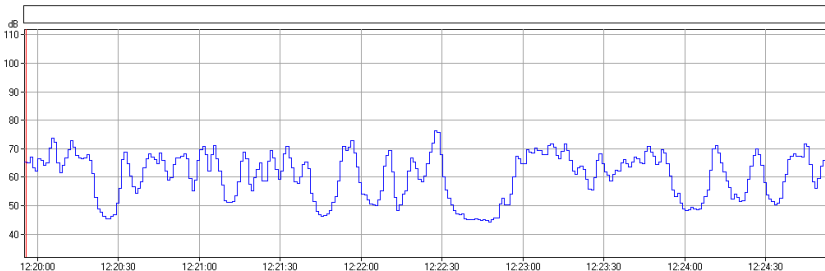
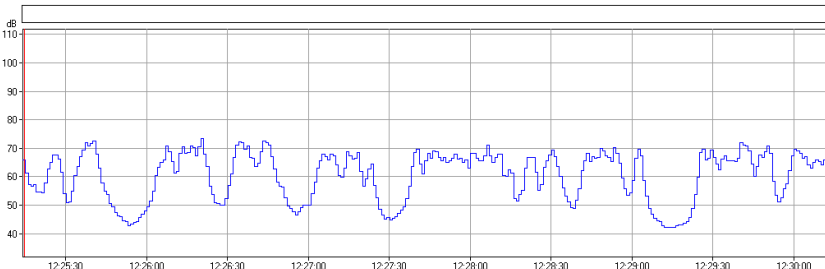
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAeq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
5	6	1	12:14	27/05/2014	5min	66,1	66	
		2	12:20	27/05/2014	5min	65,3		
		3	12:25	27/05/2014	5min	65,3		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	24.6		29.8		0.5		NORTE	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	279		59		3 / 1.1		55	-
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 49. Medida de 15 min en el punto 5 de la serie 6.

### **3.3.7. Resultados de las medidas de la SERIE 7**

Las medidas de la serie 7 se tomaron el día 27 de mayo de 2014 entre las 12:00-14:00 horas. Los niveles obtenidos durante las medidas, las condiciones climatológicas, así como el conteo de los vehículos, las velocidades y las diferentes observaciones se presentan en las siguientes figuras:

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 50, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 1 de la serie 7.


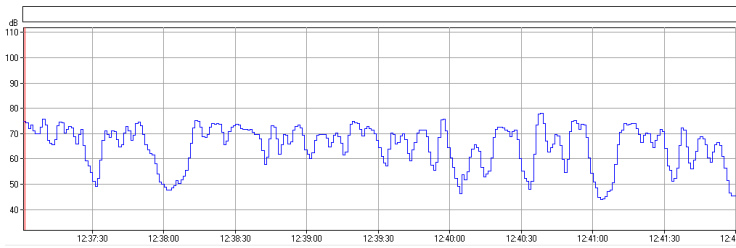
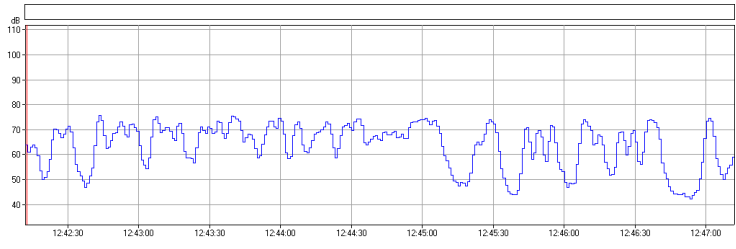
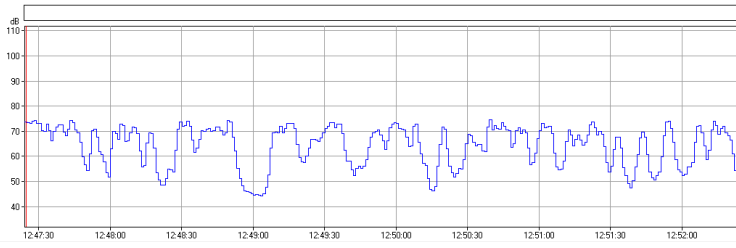
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
1	7	1	12:07	27/05/2014	5min	69,4	69	
		2	12:42	27/05/2014	5min	68,6		
		3	12:47	27/05/2014	5min	68,5		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	24.6		28.4		0.6		NORTE	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS	VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)		Nº DE AVIONES
	249	59		7 / 2.7		52		-
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 50. Medida de 15 min en el punto 1 de la serie 7.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 51, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 2 de la serie

7.


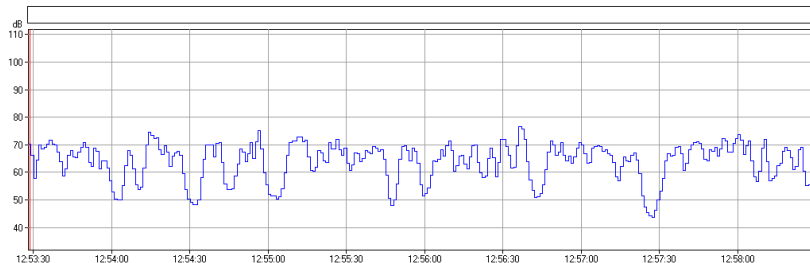
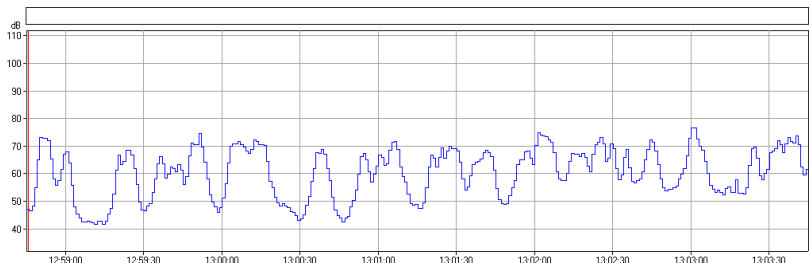
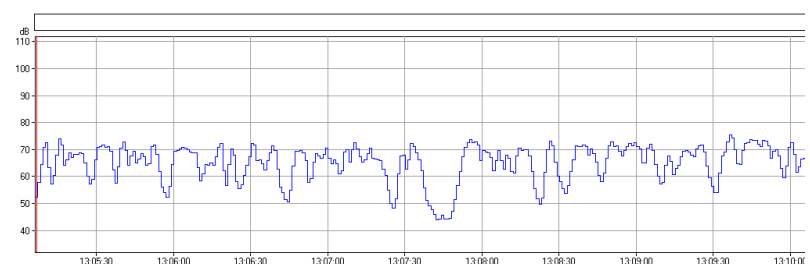
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
2	7	1	12:53	27/05/2014	5min	67,2	67	
		2	12:58	27/05/2014	5min	66,3		
		3	13:05	27/05/2014	5min	68		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	24.6		28.4		0.6		NORTE	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	324		59		3 / 0.9		60	3
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 51. Medida de 15 min en el punto 2 de la serie 7.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 52, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 3 de la serie

7.


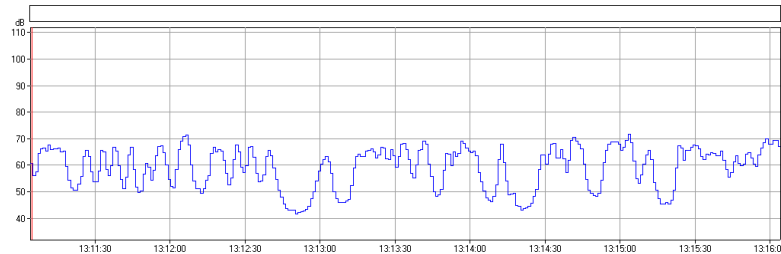
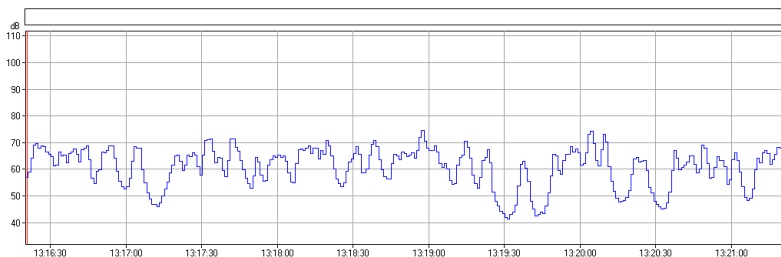
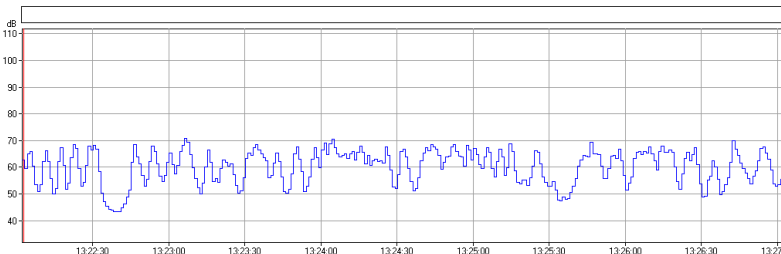
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAeq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
3	7	1	13:11	27/05/2014	5min	63,4	64	
		2	13:16	27/05/2014	5min	64,6		
		3	13:22	27/05/2014	5min	63,2		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	24.6		28.4		0.6		NORTE	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	349		59		6 / 1.7		57	3
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
MEDIDA 1								
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 52. Medida de 15 min en el punto 3 de la serie 7.



## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 53, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 4 de la serie

7.


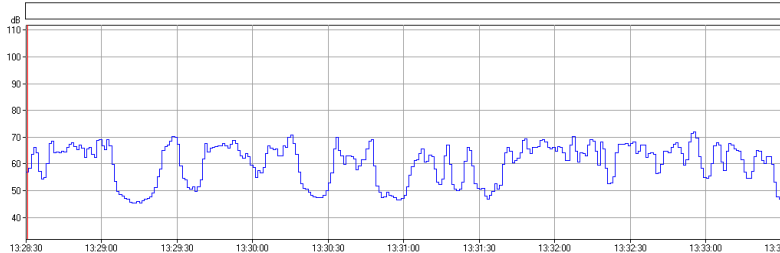
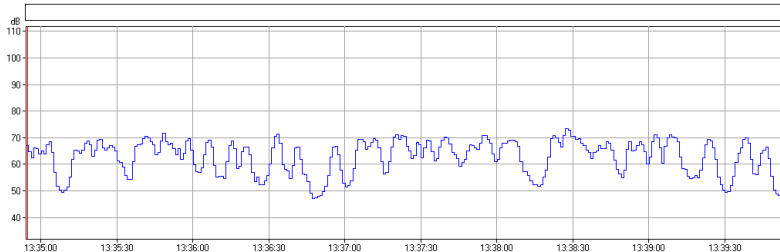
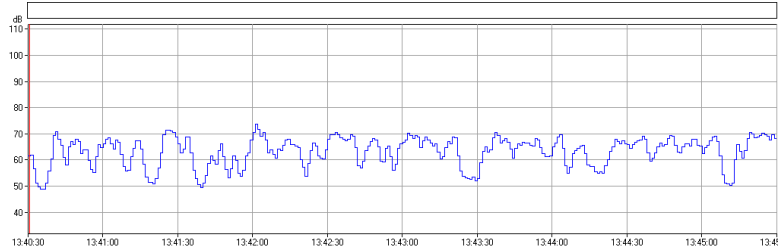
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAEq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)
4	7	1	13:28	27/05/2014	5min	64	65
		2	13:35	27/05/2014	5min	65,7	
		3	13:40	27/05/2014	5min	65,6	
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS						
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO
	24.6		29.8		0.5		NORTE
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES						
	Nº VEHÍCULOS LIGEROS	VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		Nº VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	Nº DE AVIONES
	347	60		5/ 1.4		60	3
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)						
MEDIDA 1							
MEDIDA 2							
MEDIDA 3							

Figura 53. Medida de 15 min en el punto 4 de la serie 7.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

La figura 54, corresponde a las 3 medidas realizadas en el punto 5 de la serie

7.

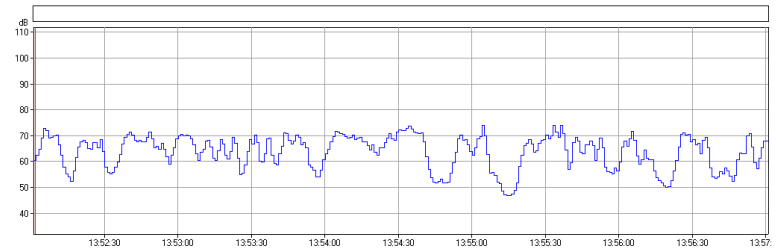
PUNTO	SERIE	MEDIDA	HORA DE MEDIDA	FECHA	DURACION	LAeq (dBA)	Laeq,T15min (dBA)	
5	7	1	13:47	27/05/2014	5min	67,6	67	
		2	13:52	27/05/2014	5min	66,8		
		3	13:57	27/05/2014	5min	66,4		
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS							
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)		DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	24.6		29.8		0.5		NORTE	
	CONTEO DE VEHÍCULOS Y AVIONES							
	N° VEHÍCULOS LIGEROS		VELOCIDAD VEHÍCULOS LIGEROS (Km/h)		N° VEHÍCULOS PESADOS / (%)		VELOCIDAD VEHÍCULOS PESADOS (Km/h)	N° DE AVIONES
	268		62		4 / 1.5		54	1
	EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL NIVEL EQUIVALENTE LAeq (dBA)							
	MEDIDA 1							
MEDIDA 2								
MEDIDA 3								

Figura 54. Medida de 15 min en el punto 5 de la serie 7.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

A continuación se presenta en la tabla III, un resumen de los niveles obtenidos en cada serie con la fecha de medida correspondiente, el valor de nivel medio de todas las series para cada punto de medida, y la desviación existente entre los niveles obtenidos en cada punto para cada serie.

PUNTOS	FECHA	SERIE	$L_{Aeq,T15min}$ (dBA)	$L_{Aeq\ medio,T205min}$ (dBA)	$\sigma_{L_{Aeq,T15min}}$ (dBA)
PUNTO 1	11/03/2014	SERIE 1	70,5	69,8	1,0
	09/04/2014	SERIE 2	70,9		
	07/05/2014	SERIE 3	70,2		
	07/05/2014	SERIE 4	70,1		
	27/05/2014	SERIE 5	70,1		
	27/05/2014	SERIE 6	68,0		
	27/05/2014	SERIE 7	68,9		
PUNTO 2	11/03/2014	SERIE 1	67,7	67,3	0,4
	09/04/2014	SERIE 2	67,9		
	07/05/2014	SERIE 3	66,9		
	07/05/2014	SERIE 4	67,3		
	27/05/2014	SERIE 5	67,3		
	27/05/2014	SERIE 6	66,9		
	27/05/2014	SERIE 7	67,2		
PUNTO 3	11/03/2014	SERIE 1	63,5	64,3	1,2
	09/04/2014	SERIE 2	66,4		
	07/05/2014	SERIE 3	64,8		
	07/05/2014	SERIE 4	64,9		
	27/05/2014	SERIE 5	62,8		
	27/05/2014	SERIE 6	63,9		
	27/05/2014	SERIE 7	63,8		
PUNTO 4	11/03/2014	SERIE 1	64,8	64,8	0,7
	09/04/2014	SERIE 2	65,5		
	07/05/2014	SERIE 3	65,2		
	07/05/2014	SERIE 4	65,1		
	27/05/2014	SERIE 5	63,7		
	27/05/2014	SERIE 6	63,8		
	27/05/2014	SERIE 7	65,2		
PUNTO 5	11/03/2014	SERIE 1	67,6	67,1	1,0
	09/04/2014	SERIE 2	68,7		
	07/05/2014	SERIE 3	67,4		
	07/05/2014	SERIE 4	67,1		
	27/05/2014	SERIE 5	66,5		
	27/05/2014	SERIE 6	65,6		
	27/05/2014	SERIE 7	67,0		

Tabla III. Resumen de los niveles obtenidos en las 7 series de medidas realizadas.

Los valores obtenidos en el punto 1, toman valores entre 68 y 71 dBA, valores aproximadamente 2 - 4 dBA mayores que los obtenidos en el resto de los puntos. Este incremento de nivel se debe a la situación del punto 1, cercana a la entrada principal al CEIS, en el que constantemente el nivel de ruido varía por la entrada y salida de los camiones, ruido de arranque de vehículos a una distancia cercana al punto de medida. También cabe reseñar que está cerca de la zona de fumadores respecto al punto, etc.

Los niveles obtenidos en los puntos 2 y 5, toman valores de 67 dBA, y los niveles obtenidos en los puntos 3 y 4 toman los valores más bajos, de 65 dBA.

La escasa variación de nivel entre los puntos de medida y la baja desviación estándar entre los puntos de una misma serie, máxima de 1,2 dBA en el punto 3, y mínima 0,4 dBA en el punto 2, se deben a las pequeñas variaciones en el aforo de tráfico rodado existentes así como a la baja incertidumbre de medida, que se estudia en un capítulo posterior del presente proyecto.

La gran afluencia de tráfico diario, es la razón por la que la carretera M-856 sea una fuente de ruido estable. De tal forma que las variaciones entre los niveles de ruido medidos, en diferentes días y a diferentes horas, sean muy bajas, y el ruido emitido por la carretera sea constante.

### **3.3.8. Resultados de las medidas de ruido de residual.**

#### **Ruido aéreo**

La principal fuente de ruido en la zona de estudio es el ruido de tráfico proveniente de la carretera M-856, tal y como se ha indicado en apartados anteriores. Para evaluar el índice de ruido referente a los niveles sonoros producidos por la carretera así como otros emisores acústicos funcionando de forma combinada, se utiliza el índice  $L_{Aeq,Ti}$  (índice de ruido continuo equivalente).

En la medición de ruido de sucesos aislados por ejemplo el sobrevuelo de aviones, durante los cuales el ruido varía durante el sobrevuelo pero está ausente durante una parte considerable del intervalo temporal de referencia, se determina el nivel de exposición sonora,  $L_{AE}$ , del suceso aislado.

El nivel de exposición sonora ( $L_{AE}$ ), se define como el nivel de presión sonora de un ruido continuo que tiene la misma energía en un segundo que la del ruido real durante el intervalo de tiempo  $T$ , en que se produce el evento sonoro. Se utiliza para clasificar y comparar sucesos de ruido de diferente duración. Este índice se puede expresar de la siguiente forma y la relación entre el  $L_{Aeq,T}$  y el  $L_{AE}$  para un suceso de ruido aislado es la siguiente:

$$L_{AE} = L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T}{T_0} \quad (4)$$

Donde;

$T_0=1$ segundo

De esta forma se calcula la influencia del ruido de sobrevuelo de aviones sobre las medidas de ruido realizadas para evaluar el ruido generado por la carretera M-856, la principal fuente y objeto a analizar en el proyecto.

Para calcular los niveles debidos al sobrevuelo de aviones se utilizan los datos de las medidas de ruido residual tomadas, el día 27 de mayo de 2014. Estas medidas se realizan en un punto lejano a la principal fuente de ruido, la carretera M-856, para poder definir de una forma adecuada el ruido proveniente del sobrevuelo de los aviones en la zona de interés con la mínima influencia posible de la fuente principal de ruido, en el ruido de tráfico rodado. La figura 55, muestra la posición del punto de muestreo



Figura 55. Posición del punto de muestreo del ruido residual.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

Se realiza una serie de tres medidas, de 5 minutos cada una, almacenando los datos cada segundo. En estas medidas se seleccionan los intervalos de los pasos de aviones y el  $L_{Aeq,tpaso}$ , el nivel equivalente durante el paso de los aviones. Con estos datos se calcula el nivel de exposición sonora  $L_{AE}$  así como el nivel equivalente  $L_{Aeq,5min}$ . La figura 56 muestra los niveles obtenidos durante las medidas, el número de aviones que pasan en los cinco minutos de medida, las condiciones climatológicas, así como la evolución temporal de los niveles cada segundo.

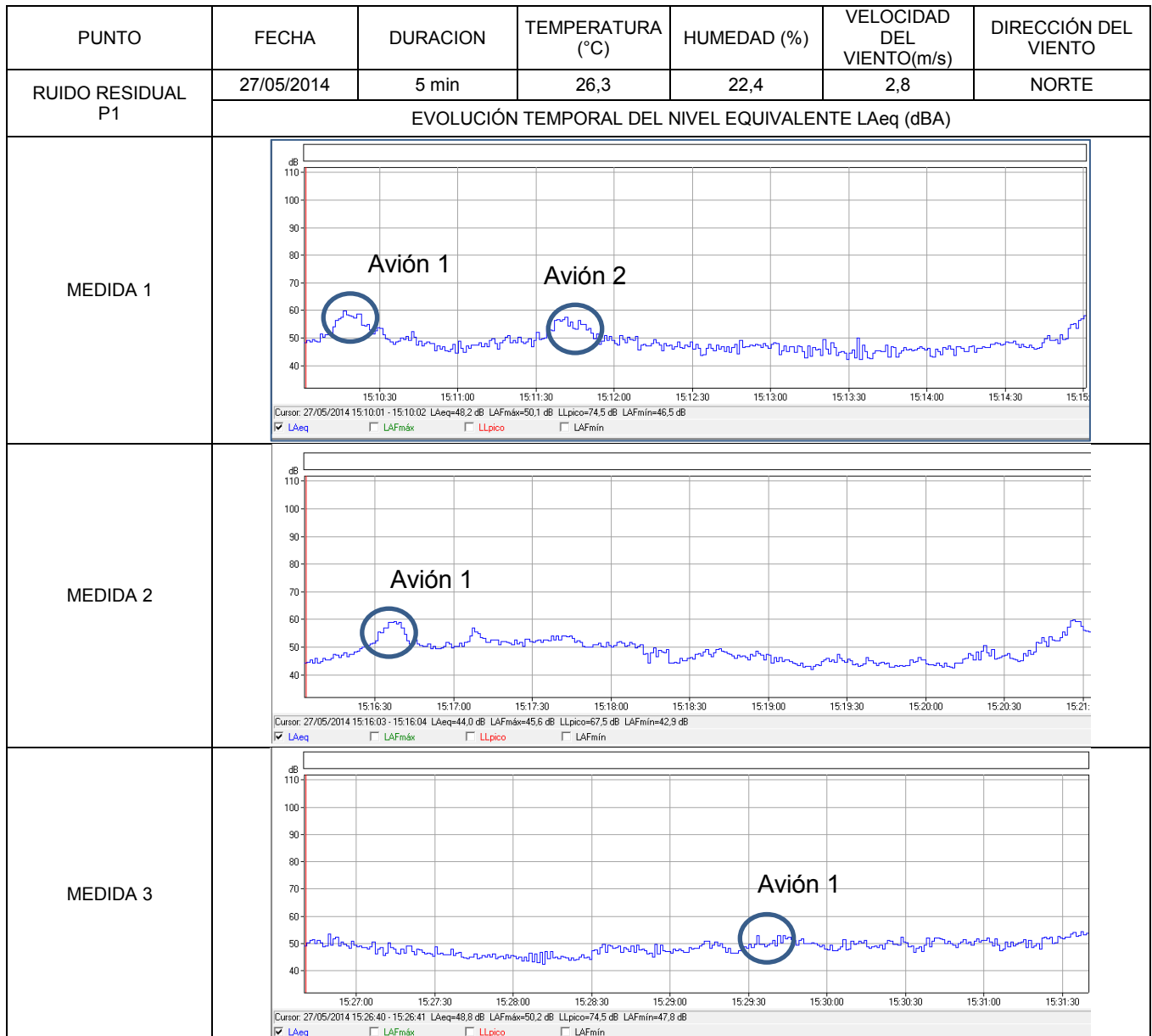


Figura 56. Medida de 15 min del ruido residual debido al ruido aéreo.

La tabla IV muestra los valores de  $L_{AE}$ , el nivel de presión sonora de un ruido continuo que tiene la misma energía en un segundo que la del ruido real durante el

intervalo de tiempo T (en que se produce el evento sonoro), 5 minutos en este caso. Del valor de  $L_{AE}$  se obtiene el  $L_{Aeq, 5min}$ .

Medida	Avión	$L_{Aeq,tpaso}$	$T_{paso}$ (s)	$T_0$ (s)	Nº aviones	$L_{AE}$ (dBA) $L_{AE} = L_{Aeq,t} + 10 \log \frac{T}{T_0}$	$L_{Aeq,5min}$ (dBA) $L_{Aeq,5min} = 10 \log \left( \frac{1}{300} \left( 10^{\frac{L_{AE}}{10}} \right) \right)$
1	1	55,9	22	1	1	69,3	44,6
1	2	54,3	22	1	1	67,7	43,0
2	1	55,7	20	1	1	68,7	43,9
3	1	52,9	22	1	1	66,3	41,6

Tabla IV. Valores de  $L_{AE}$  y  $L_{Aeq,5min}$  debido al paso de aviones.

Los niveles  $L_{AE}$  obtenidos en las 3 medidas, se encuentran en un rango de 65-70 dBA, y los niveles debidos al sobrevuelo de aviones  $L_{Aeq,t}$ , se encuentran entre valores de 42 - 45 dBA, 20 dBA por debajo de los niveles de ruido de tráfico medidos.

La frecuencia de paso de aviones por la zona de estudio es de 1 ó 2 aviones aproximadamente cada 5 min de medida, y el tiempo de sobrevuelo es de 22 segundos o de 44 segundos respectivamente. Este suceso sonoro puntual, transcurre en un tiempo muy reducido (7 - 14% respecto del tiempo total) si se compara con el tiempo de cada medida, 300 segundos. Por este motivo se considera despreciable, la aportación de nivel de presión sonora del sobrevuelo de aviones, al nivel de la medida de ruido de tráfico rodado.

En el peor de los casos cuando pasan dos aviones habrá 3 dB más que lo indicado en los puntos de medida.

### **Ruido industrial**

El ruido industrial proviene de las instalaciones propias del CEIS, en una mayor parte instalaciones de climatización (instalaciones de aire acondicionado, torre de refrigeración...) a larga distancia del ámbito de estudio.

La primera fuente de ruido más cercana a los puntos de muestreo, corresponde a la parte exterior de la instalación principal de climatización del CEIS. Se sitúa en la cubierta del edificio principal del CEIS a 30 metros aproximadamente de la carretera M-856, la fuente a estudio.

La segunda fuente de ruido industrial, corresponde a una torre de refrigeración, situada a 40 metros aproximadamente de la carretera M-856.

Para la evaluación de dichas fuentes, se realiza una medida, en el mismo punto de medida empleado para la evaluación del ruido de sobrevuelo de aviones, a 1 metro de distancia de las fuentes, de 5 minutos, almacenando los datos cada 1 segundo. Las figuras 57, muestra la posición de las fuentes de ruido industriales respecto a los puntos de medida. La figura 58 muestra la parte externa del equipo de climatización del edificio principal y la figura 59 muestra una imagen de la torre de refrigeración situada en el entorno del CEIS.



Figura 57. Posición de las fuentes de ruido industriales respecto a los puntos de medida.



Figura 58. Equipo de climatización.





Figura 59. Torre de refrigeración.

A continuación en la figura 60, se muestran las condiciones meteorológicas durante la medida y los niveles  $L_{Aeq,5min}$  obtenidos a un metro de distancia del equipo de climatización de la marca CLIVET:

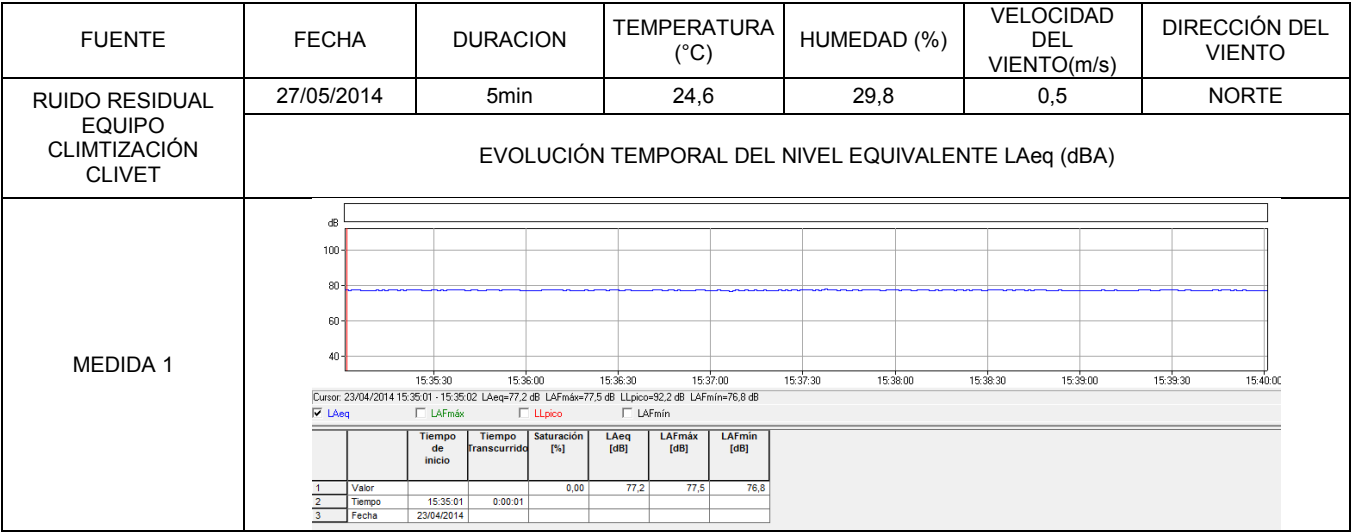


Figura 60.  $L_{Aeq,5min}$  obtenido en el equipo de climatización CLIVET.

## FASE 2. ANALISIS DEL ESCENARIO ACUSTICO

En la figura 61, se muestran las condiciones meteorológicas durante la medida y los niveles  $L_{Aeq,5min}$  obtenidos a un metro de distancia de la torre de refrigeración:

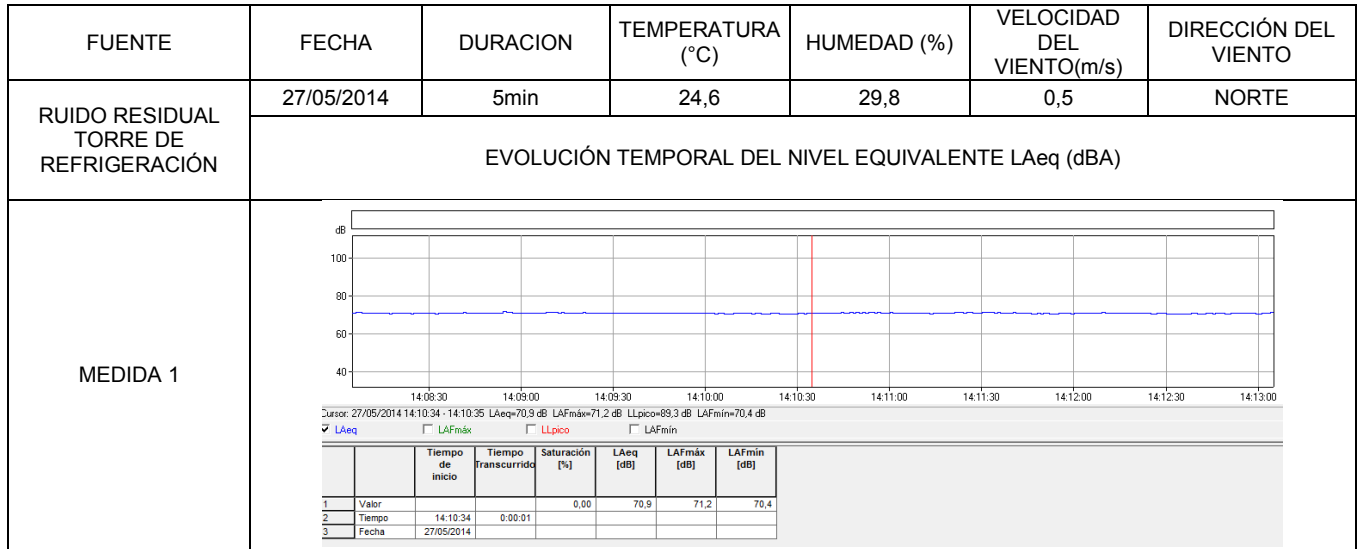


Figura 61.  $L_{Aeq,5min}$  obtenido en la torre de refrigeración.

El nivel equivalente  $L_{Aeq,5min}$  medido en el equipo de climatización, es de 70,9 dBA, y el nivel equivalente  $L_{Aeq,5min}$  medido en la torre de refrigeración es de 77,2 dBA. Dichas instalaciones industriales se encuentran a una distancia de 30 metros para el equipo de climatización y a una distancia de 40 metros para la torre de refrigeración respecto a los puntos de medida.

Teniendo en cuenta la ecuación de variación teórica del nivel de presión sonora con la distancia (siendo  $r_2 > r_1$ ) para fuentes sonoras puntuales en espacio abierto, se produce una disminución de 6 dB cada vez que se dobla la distancia a la fuente sonora.

$$\Delta NPS = 20 \cdot \log \left( \frac{r_2}{r_1} \right) \quad (5)$$

Esto implica que los niveles de presión sonora medidos en el perímetro de la instalación quedan suficientemente atenuados, 30 dBA aproximadamente en los puntos de medida y por tanto se puede concluir diciendo que las fuentes industriales no influyen en el nivel de la fuente de estudio principal, la carretera M-856.

# **4 Fase 3.**

**Estimación y  
validación de los  
niveles existentes en  
la zona de estudio.**

## **4.1. Introducción**

La metodología que se propone para estimar los niveles sonoros presentes en la zona de estudio se basa por una parte en las exigencias que el Real Decreto 1367/2007 y el Real Decreto 1513/2005, y por otra en los conocimientos actualmente existentes en el ámbito de la predicción de los niveles sonoros en ambiente exterior, ajustando y validando convenientemente el modelo a las medidas realizadas “in situ” en la zona.

Según el Real Decreto 1513/2005, de 16/12/2005, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, un mapa de ruido es la presentación de datos sobre una situación acústica existente o pronosticada en función de un índice de ruido, en la que se indicará la superación de cualquier valor límite pertinente vigente.

En el Anexo 2 de dicho Real Decreto, se explica que los valores de los índices de ruido pueden determinarse, bien mediante cálculos o mediante mediciones (en el punto de evaluación), y que las predicciones sólo se pueden obtener mediante cálculos. En esta Fase 2 del proyecto, se llevan a cabo una serie de modelizaciones informáticas que simulan el grado e inmisión acústica del área considerada frente a las fuentes de ruido principales.

## **4.2. Software empleado**

El programa empleado para diseñar el modelo acústico de la zona de estudio en este proyecto es el software CadnaA, versión 4.2. Dicho programa, permite la gestión de la inmisión de ruido de acuerdo con las normativas nacionales e internacionales, incluyendo los países que emplean los métodos recomendados por la Directiva 2002/49/CE (En España transpuesta en la Ley de Ruido 37/2003). Con el programa se calcula la propagación del ruido exterior teniendo en cuenta la totalidad de los fenómenos físicos que intervienen en los caminos de propagación.

### **4.3. Definición y generación del MDT (modelo digital del terreno)**

La preparación del MDT consiste en importar al software de predicción acústica todos los elementos geométricos (curvas de nivel, carreteras, edificios, y fuentes industriales puntuales) necesarios para elaborar el mapa de ruido de la zona, junto a la información que tienen asociada dichos elementos. Cuanta más información se asigne a los elementos del modelo, mayor precisión se tendrá en la obtención de los cálculos de los niveles de presión sonora de la zona de estudio, por lo tanto, es importante al principio del proyecto delimitar la zona de estudio, y estudiar la información de partida, con objeto de obtener resultados razonablemente buenos.

A continuación se presentan y describen los elementos que se han tenido en cuenta en la preparación del modelo:

#### **Curvas de nivel del terreno**

Las curvas de nivel, se generan en la aplicación libre Sketch Up a partir de una imagen de la zona de estudio, importada desde el Google Earth. Los pasos seguidos para la obtención de las curvas de nivel son los siguientes:

### FASE 3. ESTIMACION Y VALIDACION DE LOS NIVELES EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

---

**Paso 1:** Se importa el área de la zona de estudio desde el Google Earth. La figura 62, muestra la función que ofrece Sketch Up para importar imágenes. Dicha imagen va a ser el plano modelo sobre el que se quieren crear las curvas de nivel. Será imprescindible tener la aplicación Google Earth instalada en el ordenador.

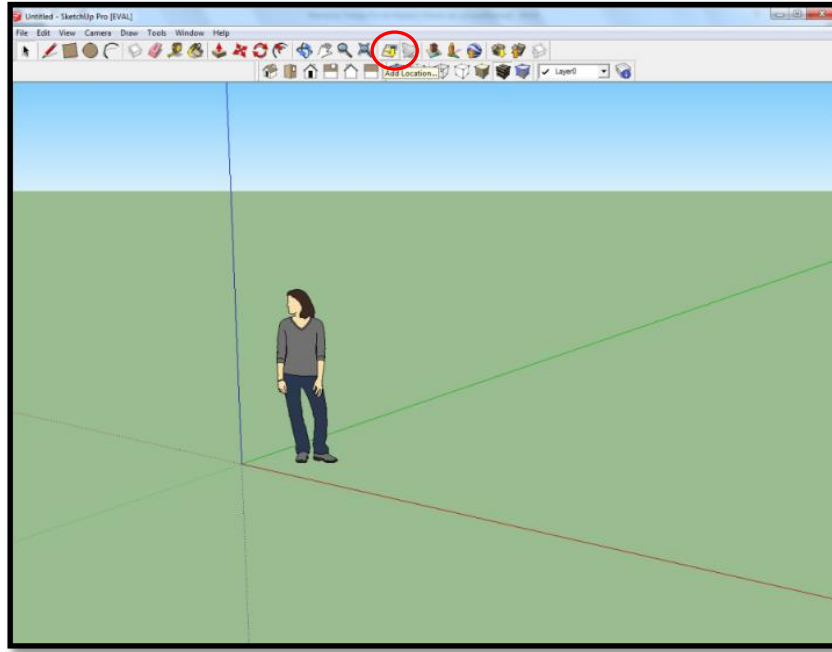


Figura 62. Importación de la zona de estudio en Sketch Up.

**Paso 2:** Se localiza el área deseada y se dibuja un plano auxiliar sobre todo el plano modelo. La figura 63, muestra la zona sobre la que situar las curvas de nivel. Se localiza la zona del CEIS, y se le da a aceptar. Una vez seleccionada la zona, se dibuja un plano auxiliar sobre el plano modelo, cubriéndolo por completo. La figura 64, muestra el comando utilizado para dibujar el plano auxiliar con el que crear en pasos siguientes más planos paralelos de corte, con la zona seleccionada, el plano modelo.

### FASE 3. ESTIMACION Y VALIDACION DE LOS NIVELES EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

---

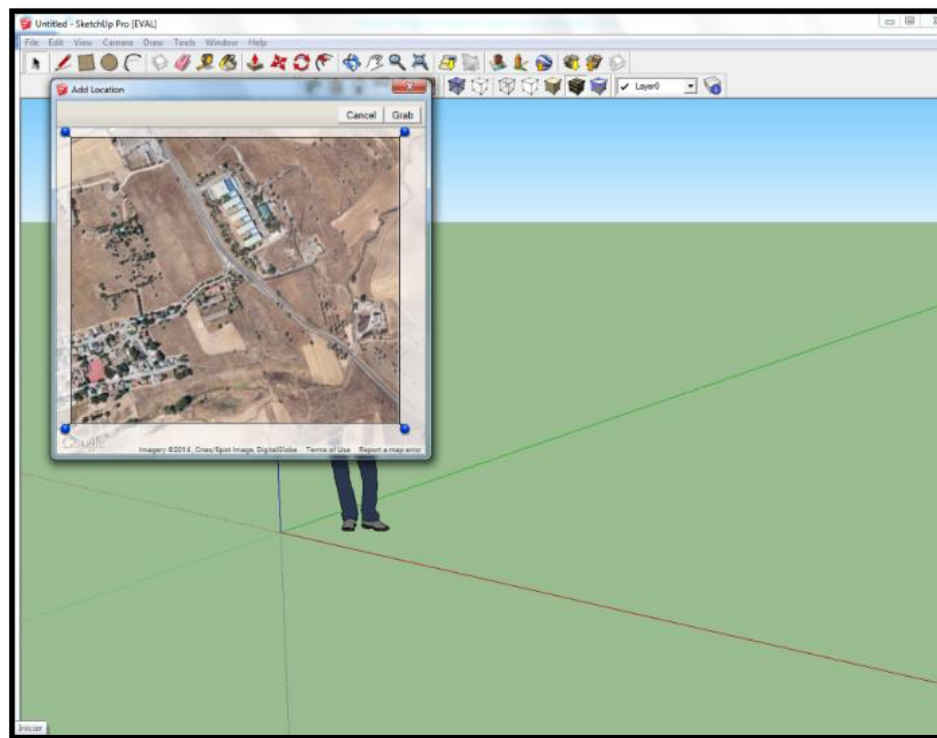


Figura 63. Localización del área deseada, plano modelo.

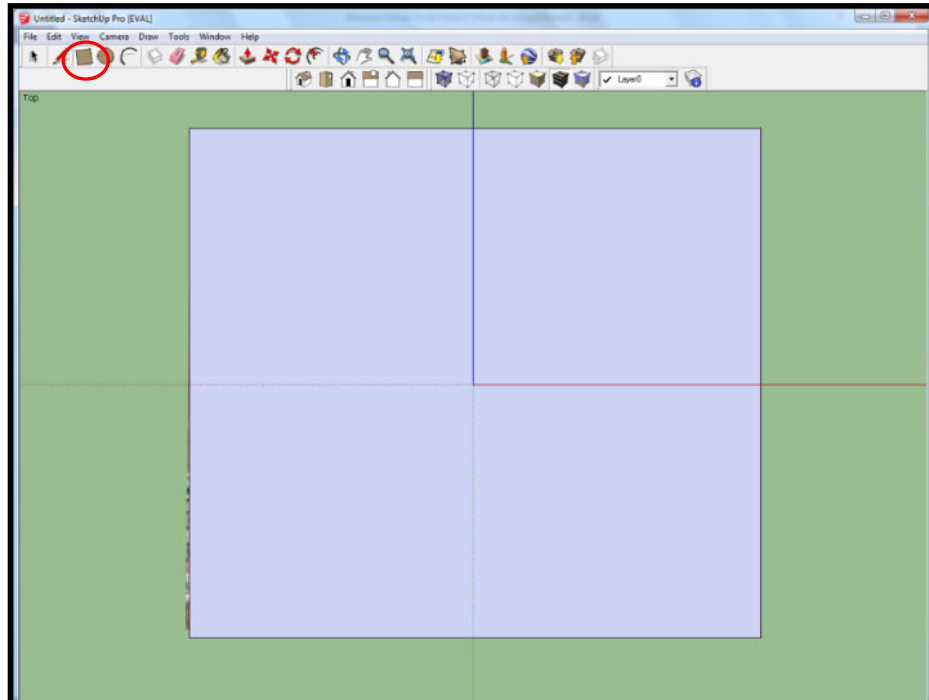


Figura 64. Plano auxiliar cubriendo todo el plano modelo.

### FASE 3. ESTIMACION Y VALIDACION DE LOS NIVELES EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

---

**Paso 3:** La figura 65, muestra la correcta colocación del plano auxiliar creado en el paso 2. Se selecciona el plano y se coloca en la parte inferior del plano modelo importado desde el Google Earth, para así poder trabajar más fácilmente. En este paso se utilizan los comandos orbitar y desplazar para poder situar el plano auxiliar en la zona adecuada.

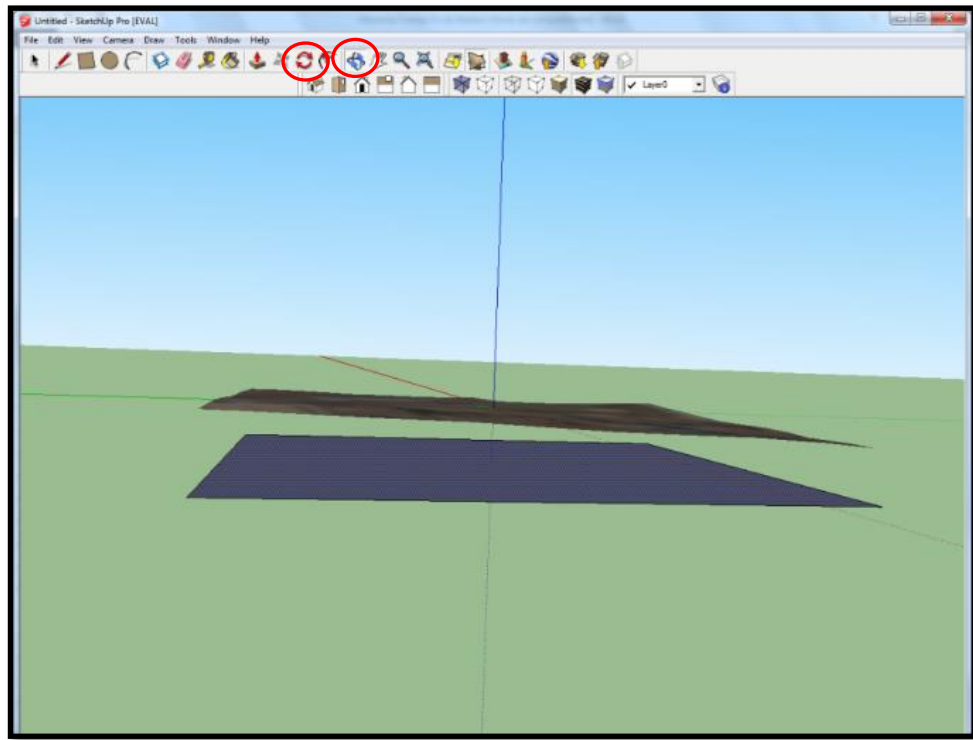


Figura 65. Posición del plano dibujado debajo del modelo.

**Paso 4:** Se genera un bloque de planos paralelos al plano auxiliar cubriendo el plano modelo por completo tal y como se muestra en la figura 67. En la figura 66, se muestra la forma de generar el bloque de planos. En primer lugar, se selecciona el plano auxiliar y se pulsa el comando desplazar + la tecla Ctrl. Se desplaza el plano auxiliar en paralelo al eje azul hacia el plano modelo (on blue axys), y se introduce el valor de la distancia entre los planos que forman el bloque de planos (1m, 2m, 5m, 10m...) y la cantidad de planos requeridos en el bloque (25x, 50x, 100x....).



### FASE 3. ESTIMACION Y VALIDACION DE LOS NIVELES EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

---

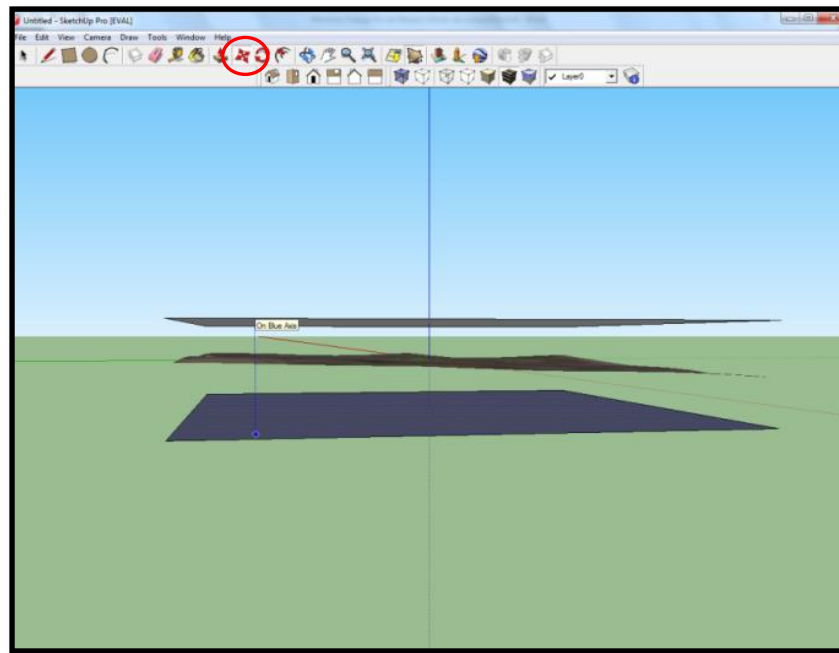


Figura 66. Generación de planos paralelos al bloque modelo (comando desplazar +CTRL).

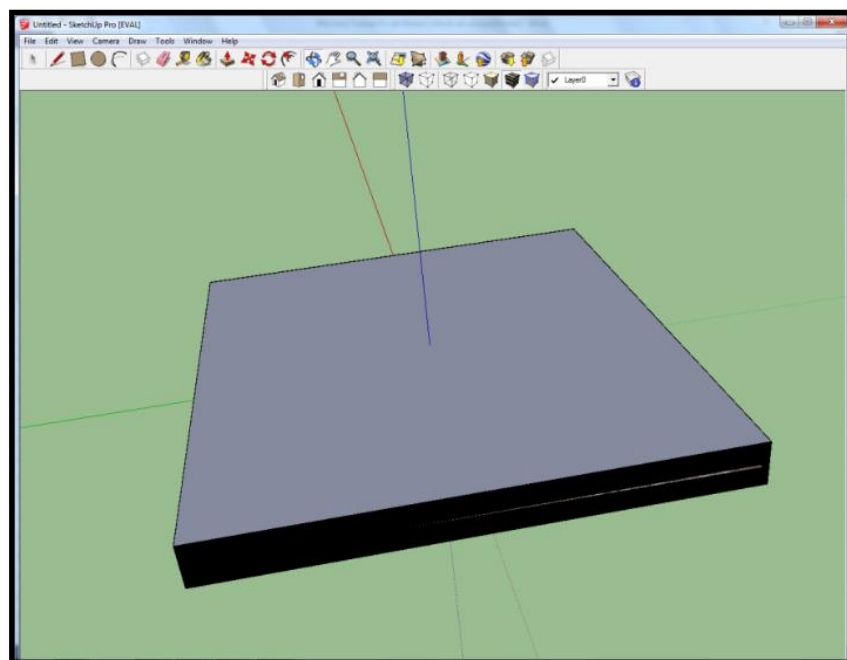


Figura 67. Bloque de planos paralelos al plano modelo.

### FASE 3. ESTIMACION Y VALIDACION DE LOS NIVELES EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

---

**Paso 5:** Tal y como muestra la figura 68, en este paso 5, se seleccionan los planos creados en el bloque de planos del paso 4. La selección se realiza desde los vértices del bloque de planos y se agrupan pulsando el botón derecho y seleccionando la función “make group”, tal y como muestra la figura 69.

### FASE 3. ESTIMACION Y VALIDACION DE LOS NIVELES EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

---

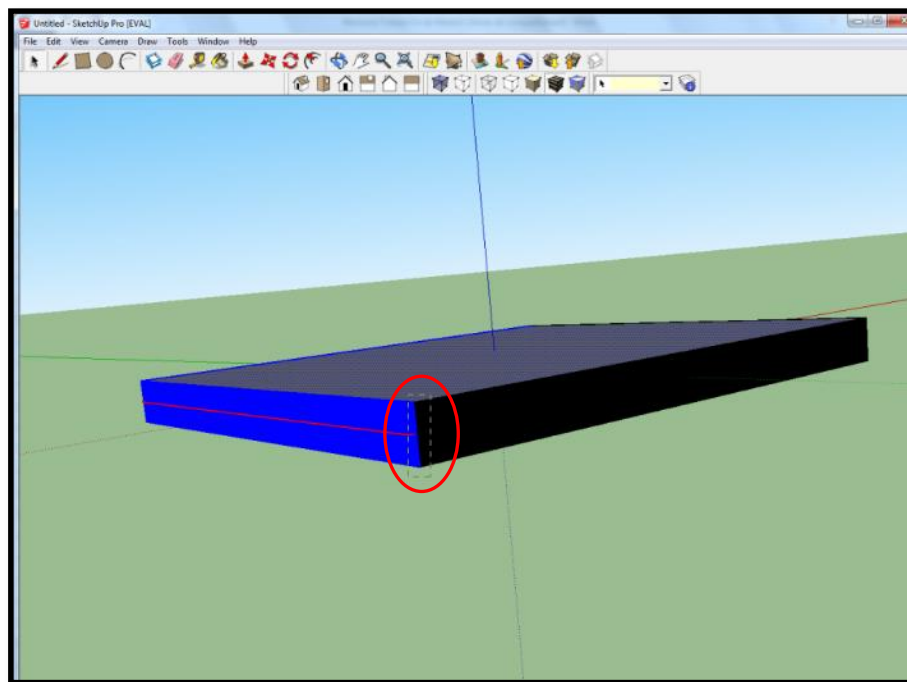


Figura 68. Selección de los planos que forman el bloque de planos creado en el paso 4.

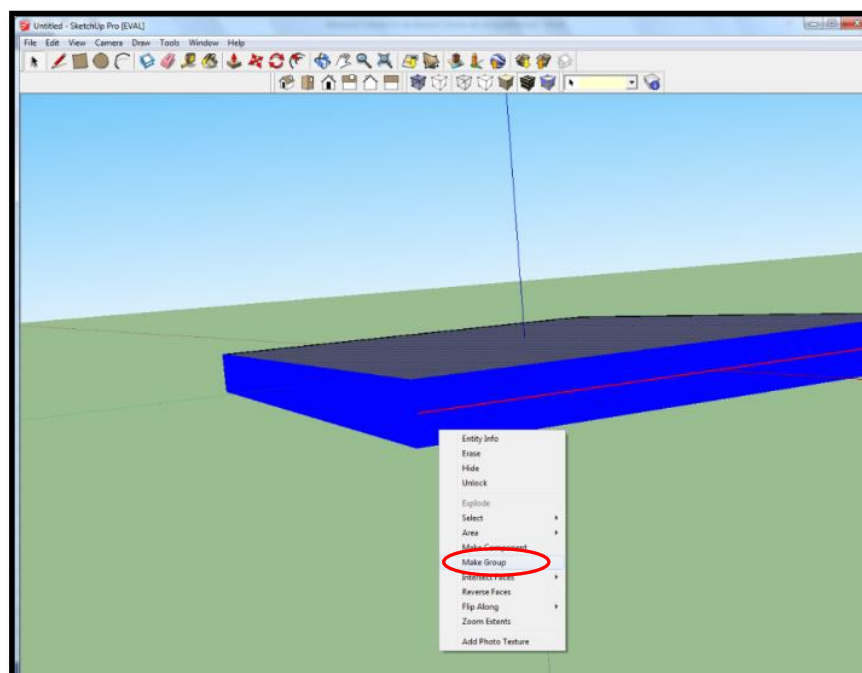


Figura 69. Agrupar los planos del bloque.

### FASE 3. ESTIMACION Y VALIDACION DE LOS NIVELES EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

---

**Paso 6:** Se selecciona el plano superior del bloque de planos tal y como se muestra en la figura 70, se pulsa el botón derecho y se selecciona la función, “intersect faces, with model”. Se interseccionan los planos que forman el bloque con el plano modelo.

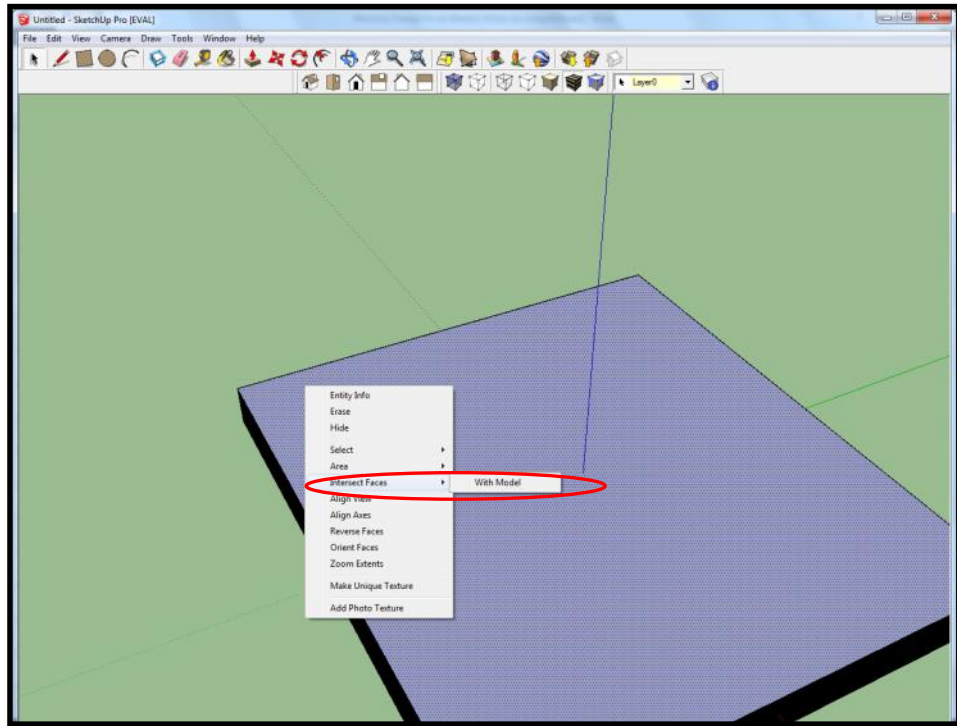


Figura 70. Intersección de los planos del bloque con el plano modelo.

### FASE 3. ESTIMACION Y VALIDACION DE LOS NIVELES EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

---

**Paso 7:** Se selecciona el bloque de planos desde la parte superior y se desplaza tal y como se muestra en la figura 71, obteniendo así las curvas de nivel dibujadas sobre el plano modelo de la zona elegida para estudio.

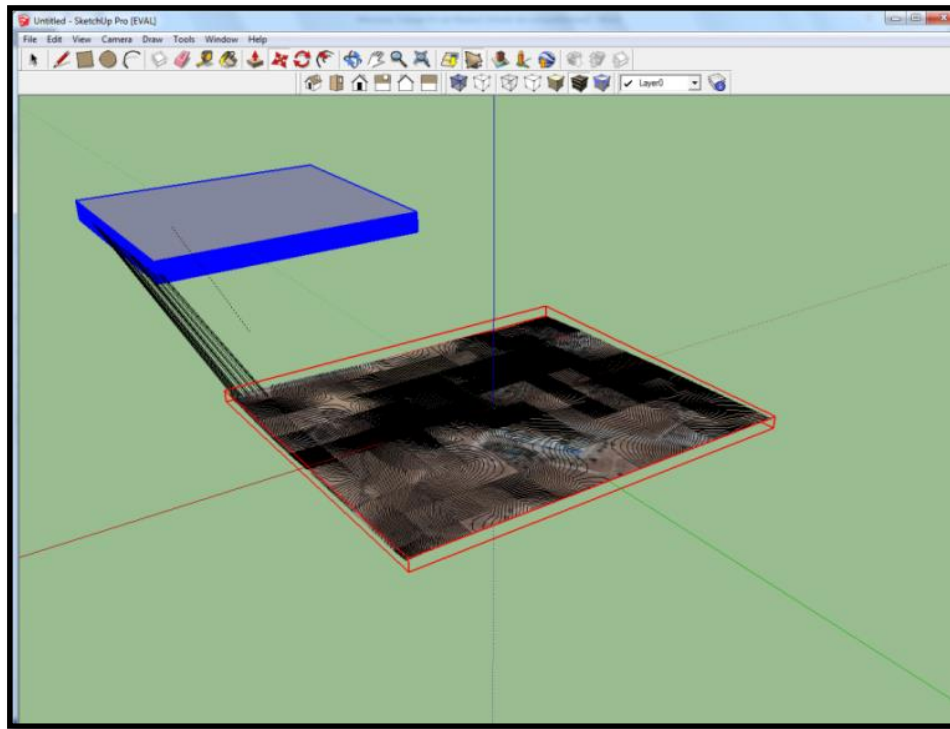


Figura 71. Desplazar el bloque de planos.

### FASE 3. ESTIMACION Y VALIDACION DE LOS NIVELES EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

**Paso 8:** Se guardan las curvas de nivel obtenidas. Tal y como se muestra en la figura 72, seleccionando la pestaña archivo, la opción exportar, 3dmodel, y guardando las curvas de nivel con extensión .kmz en el lugar deseado.

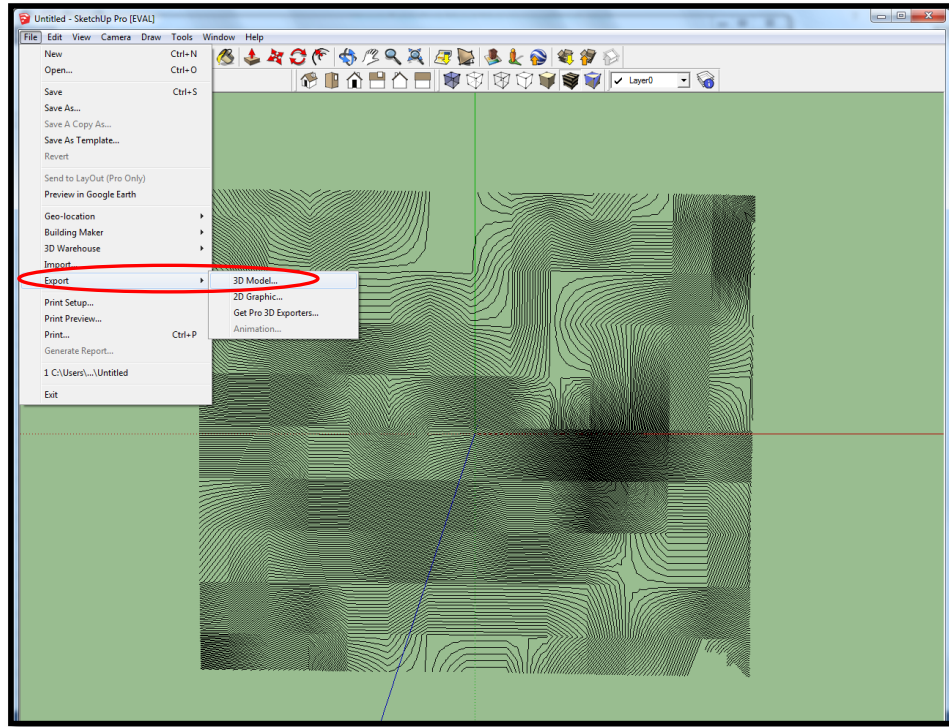


Figura 72. Almacenamiento de las curvas de nivel.

### FASE 3. ESTIMACION Y VALIDACION DE LOS NIVELES EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

**Paso 9:** Finalmente se abre el archivo con extensión .kmz de las curvas de nivel, en el Google Earth y automáticamente el programa se desplaza hasta la zona de trabajo seleccionada en el paso 1. La figura 73, nos muestra el resultado final, la imagen de la zona de estudio en Google Earth, con las curvas de nivel creadas en Sketch Up sobre el terreno.

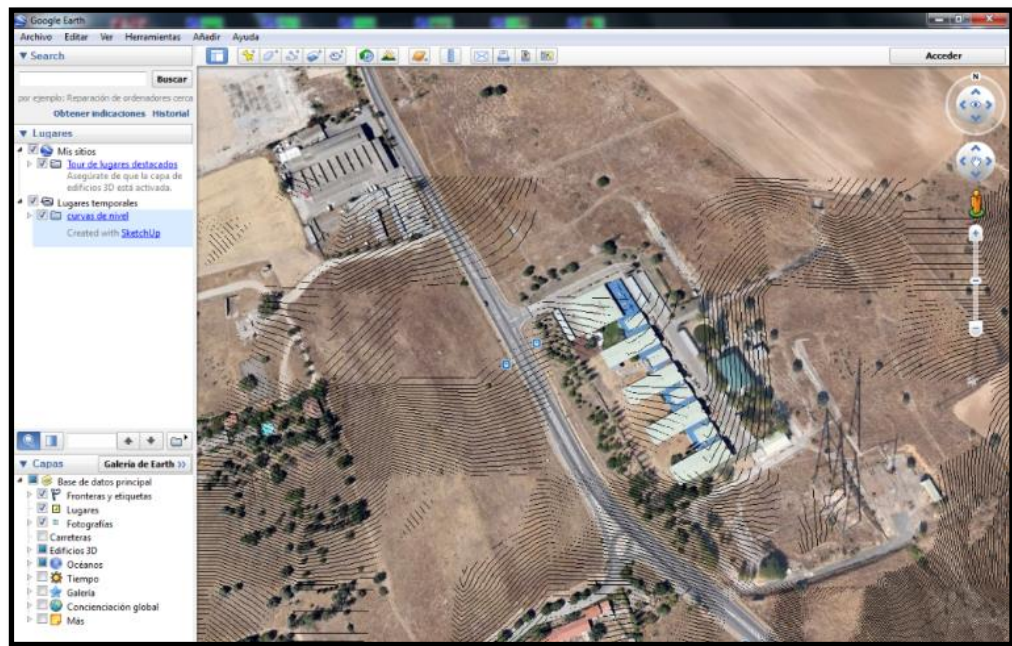


Figura 73. Abrir el archivo.kmz en el Google Earth.

#### **Carreteras y edificios**

Las carreteras y los edificios se dibujan sobre una imagen .bmp del Google Earth una vez importada dicha imagen al CadnaA.

#### **Instalaciones industriales**

Coinciden con las dos instalaciones industriales más ruidosas existentes en el entorno del CEIS, la instalación de climatización y la torre de refrigeración.

#### **Receptores del mapa de ruido:**

Coinciden con los cinco puntos estratégicos donde se realizan las medidas “in situ” en la zona de estudio.

## **4.4. Datos de entrada al modelo**

Una vez importados todos los objetos se asigna información a cada tipo de objeto:

### **Curvas de nivel**

- Se introduce la altura relativa a cada curva de nivel. La altura de las curvas las proporciona el programa Google Earth. Se comprueba que la elevación es la correcta.

### **Carreteras y edificios**

- Se comprueba que la carretera se encuentran correctamente sobre el suelo.
- Se asigna a la carretera su anchura correspondiente.
- Se asigna a la carretera el aforo de tráfico y la velocidad estimada, de acuerdo con los datos recogidos en el aforador.
- Se comprueba que el edificio del CEIS se encuentra correctamente sobre el suelo y se le asigna una altura de 10,1m.



### FASE 3. ESTIMACION Y VALIDACION DE LOS NIVELES EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

---

Los datos de entrada de aforo para la carretera M-856 son los indicados en la tabla V. Se utilizan los datos de tráfico del día 27 de mayo de 2014, ya que la validación del modelo también se realiza con los niveles de ruido medidos ese mismo día.

PUNTOS	Nº Vehículos/hora	%PESADOS	V.LIGEROS(m/s)	V.PESADOS(m/s)
P1	1091	3	58	53
P2	1145	3	59	58
P3	1165	3	58	57
P4	1159	2	58	57
P5	1077	2	60	56

Tabla V. Datos de entrada al modelo de la carretera M-856.

Se modeliza la carretera con una anchura total de 14 m de arcén a arcén.

#### **Fuentes puntuales. Ruido industrial**

- Se introducen dos fuentes puntuales, y se posicionan con la mayor exactitud sobre el modelo creado, simulando de esta forma su situación real en el CEIS. A la instalación de climatización se le introduce un valor de potencia acústica de 67 dBA, calculada a partir de los niveles de presión sonora tomados a un metro de distancia de la misma. El valor de potencia sonora que se introduce en CadnaA para simular la torre de refrigeración, es de 74 dBA, calculada también a partir de los niveles de presión sonora tomados a un metro de la instalación.

#### **Receptores del mapa de ruido**

- Se colocan los receptores a una altura igual a 1,5 metros en los puntos estratégicos del mapa sonoro, para realizar la validación del modelo con las medidas realizadas el día 27 de mayo de 2014.
- Una vez validado el modelo con las medidas realizadas a 1,5 metros de altura, se calculan también los niveles de presión sonora a 4 metros sobre el suelo (altura a la que se calculan los mapas estratégicos de ruido según el Real Decreto 1513).

### FASE 3. ESTIMACION Y VALIDACION DE LOS NIVELES EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

---

La figura 74 muestra todos los elementos geométricos (curvas de nivel, la carretera M856, el edificio del CEIS) y receptores generados en CadnaA, el software de predicción acústica para elaborar el mapa de ruido de la zona. La figura 75, es una vista tridimensional del modelo.

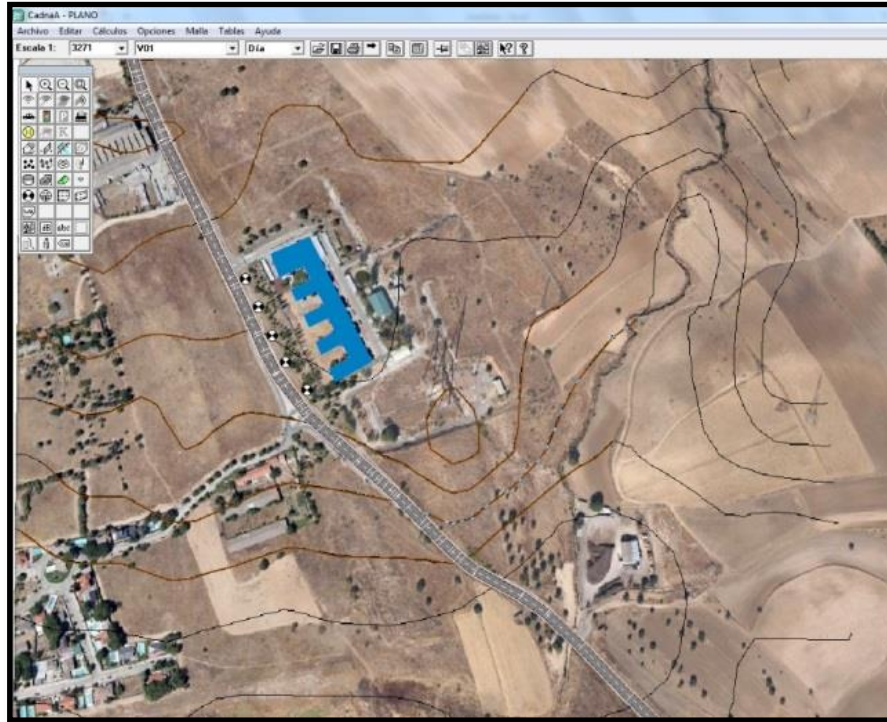


Figura 74. Elementos geométricos y receptores generados en CadnaA.

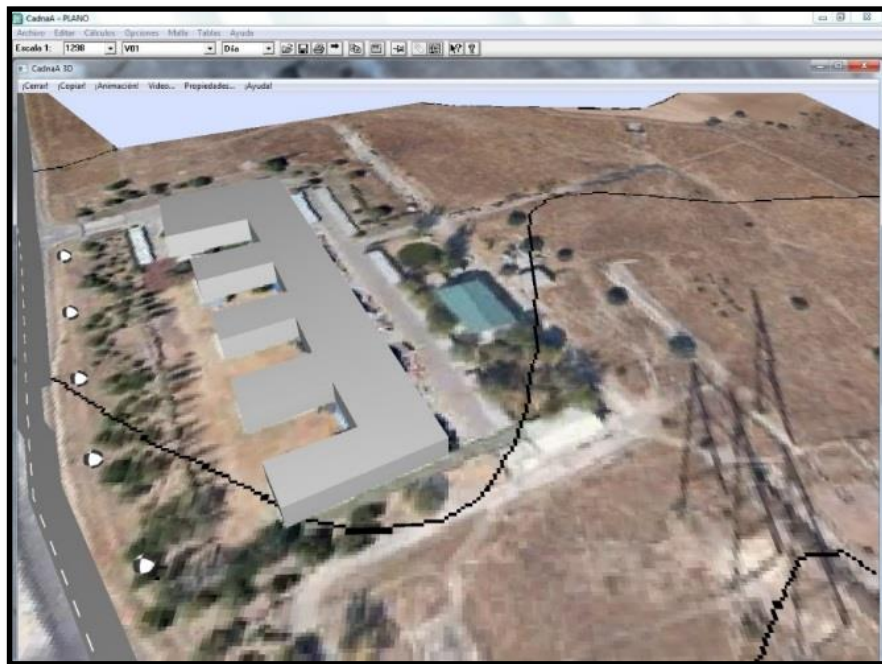


Figura 75. Vista 3D de los elementos geométricos y receptores generados en CadnaA.

## 4.5. Validación del modelo con las medidas realizadas “in situ”.

Una vez elaborado el modelo de predicción acústica para la zona de estudio se calculan los niveles de presión sonora en los puntos estratégicos de ruido, a una altura del receptor de 1,5 metros, para el periodo día ( $L_d$ ).

A continuación se comparan los niveles de presión sonora obtenidos en los cinco puntos de medida el día 27 de mayo de 2014, y los niveles calculados mediante software de predicción acústica (CadnaA) con objeto de validar el modelo.

La tabla VI muestra la validación del modelo. La diferencia entre los valores medidos en los puntos de medida y los valores calculados mediante el software de predicción acústica es baja. Se obtienen desviaciones de entre 1,1 dBA y 1,8 dBA en todos los puntos excepto en el punto de medida P1, en el que la desviación es de 4 dBA. La diferencia en el punto 1 es mayor debida a la situación en la que se encuentra el punto de muestreo, la entrada principal al CEIS. En el punto de medida 1, el nivel de ruido es más elevado que en el resto de los puntos de muestreo, la

### FASE 3. ESTIMACION Y VALIDACION DE LOS NIVELES EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

---

influencia de la entrada y salida de vehículos pesados constantemente, y la carga y descarga de camiones en los puntos próximos al punto de medida P1, provocan un ruido de fondo elevado. Este ruido de fondo no es posible introducirlo en el CadnaA, ya que consiste en un cúmulo de sucesos aislados que el programa no contempla.

PUNTO DE MEDIDA	NIVEL MODELO (Ld) (dBA)	Laeq, 45min (dBA)	DESVIACION DE NIVELES EN VALOR ABSOLUTO
P1	65,1	69,1	4
P2	65,7	67,2	1,5
P3	65,3	63,5	1,8
P4	65,7	64,3	1,4
P5	65,3	66,4	1,1

Tabla VI. Validación del modelo con las medidas realizadas “in situ”.

La figura 76, muestra con un ejemplo de los resultados emitidos por CadnaA en cada punto de medida. Para cada uno de los puntos, el dato de entrada de aforo de vehículos y la velocidad media introducida es diferente, dependiendo de la franja horaria en la que se haya realizado la medición “in situ”. El resultado que aparece en la corresponde al punto de medida 2.

### FASE 3. ESTIMACION Y VALIDACION DE LOS NIVELES EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

---

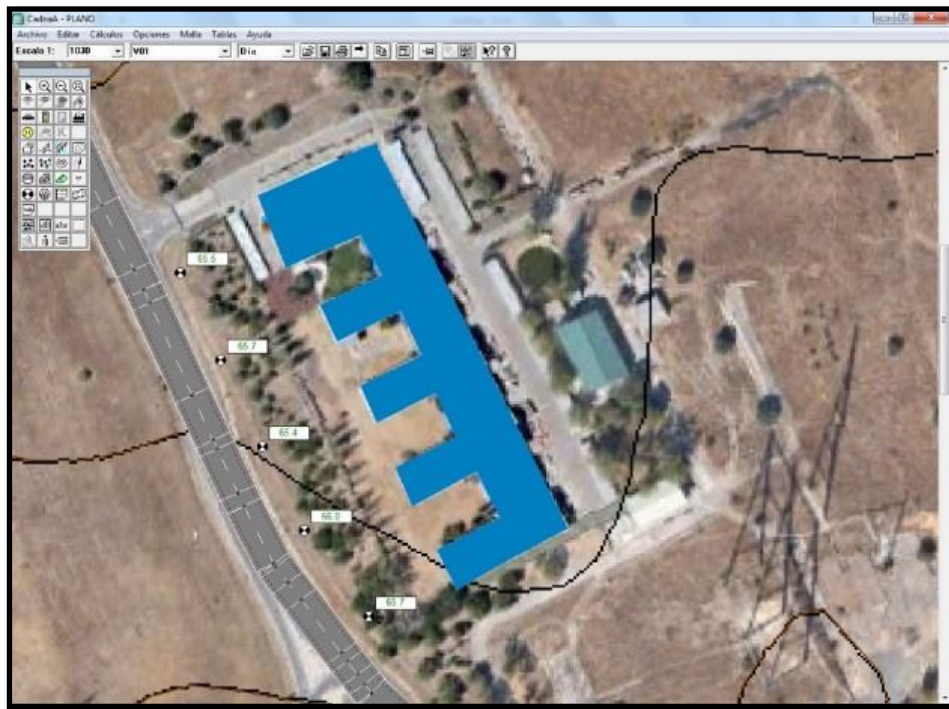


Figura 76. Validación del punto 2 con las medidas realizadas “in situ”.

Para finalizar con la validación del modelo se han calculado los mapas de ruido en el entorno de los puntos de medida y en las inmediaciones del CEIS. Las alturas de los receptores en los mapas de ruido han sido de 1,5 m y de 4 m.

La figura 77 muestra el mapa de ruido del entorno del CEIS, con los receptores situados a 1,5 m de altura. La figura 78 muestra el mapa de ruido del entorno del CEIS, con los receptores situados a 4 m de altura.



### FASE 3. ESTIMACION Y VALIDACION DE LOS NIVELES EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

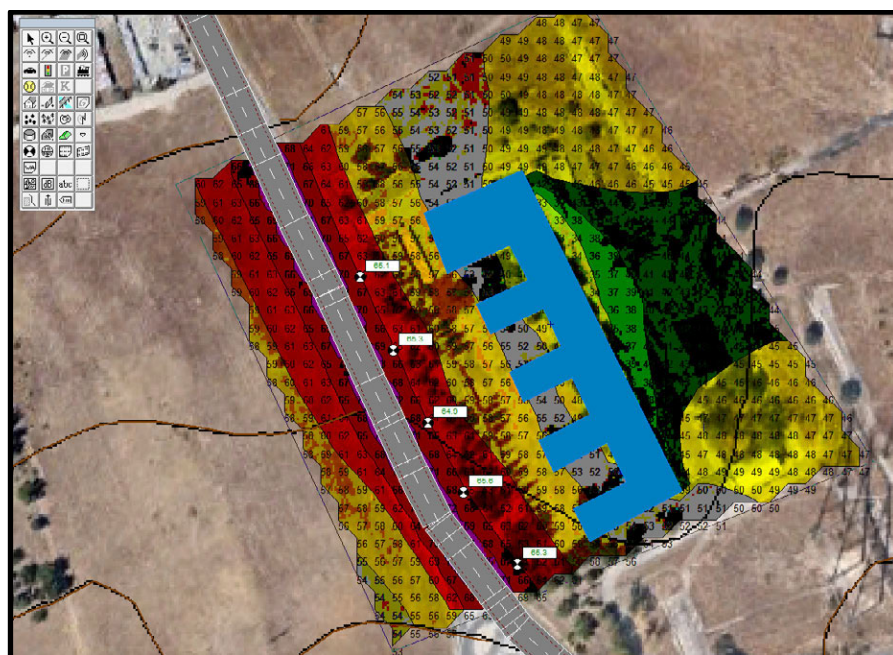


Figura 77. Mapa de ruido con la altura de los receptores a 1,5 m.

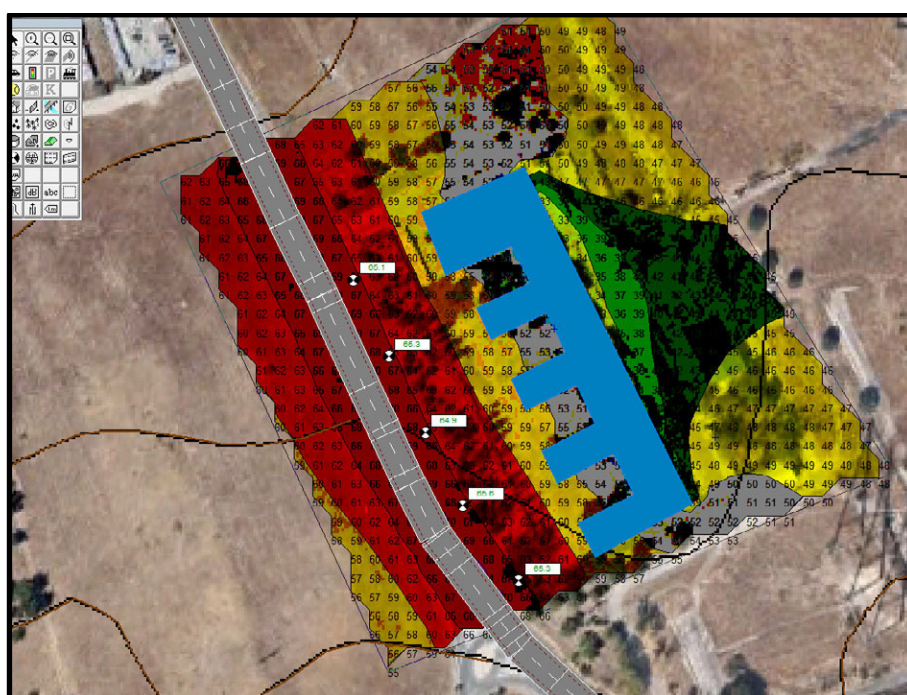


Figura 78. Mapa de ruido con la altura de receptores a 4 m.

# **5**

## **Fase 4.**

**Evaluación de la  
incertidumbre en la  
medición.**

## 5.1. Introducción

El objetivo de una medición es determinar el valor del mensurando; esto es, el valor de la magnitud particular bajo medición.

En general, el resultado de una medición es sólo una aproximación o estimación del valor del mensurando, y es necesario el cálculo de la incertidumbre para completar el resultado.

La incertidumbre de medida es un parámetro asociado al resultado de una medición, es la duda que existe sobre el resultado de una medición, y nos habla de la calidad de la medida.

Es importante la evaluación de la incertidumbre de las medidas para estimular la mejora continua y útil en la ayuda de toma de decisiones.

Existe tan solo una magnitud global de salida que depende de cierta cantidad de magnitudes que se le asignen a la entrada, obteniendo como resultado de todas ellas esa magnitud de salida.

El resultado de una medición incluye la mejor estimación del valor del mensurando y una estimación de la incertidumbre sobre ese valor, ya que la imperfección natural producida en la realización de mediciones hace imposible conocer con certeza absoluta el valor verdadero de una magnitud. Las fuentes frecuentes de incertidumbre son:

- La instrumentación o equipos de medida utilizados.
- Cada uno de los elementos que forman parte de un dato a medir.
- El proceso de medida.
- Las incertidumbres “importadas”.
- La experiencia, la práctica, la habilidad del operador.
- La representatividad del muestreo.
- Los factores ambientales.



## **5.2. Procedimiento para estimar la incertidumbre de medida**

La estimación del mensurando  $Y$  se puede estimar con las estimaciones de entrada de  $X_i$  como valores de las magnitudes de entrada  $X_i$ . Lo expresamos de la siguiente forma:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$$

El procedimiento consiste en estimar la incertidumbre típica,  $u_i$ , la incertidumbre combinada,  $U_c$ , como la combinación de las incertidumbres de las magnitudes de entrada y  $U$ , incertidumbre expandida, aplicando un factor de cobertura que garantice un determinado nivel de confianza.

La estimación de la incertidumbre asociada a los resultados de ensayo, según establece la Guía para la expresión de la incertidumbre de medida (GUM), consiste en el cálculo de la desviación típica de las magnitudes finales, empleando el procedimiento pertinente al método de obtención a partir de las mediciones iniciales.

Sin embargo, la norma ISO 1996-2:2007 prescribe las consideraciones que se han de tener para obtener la incertidumbre en cada una de las medidas teniendo en cuenta las posibles desviaciones ocasionadas por los equipos de medida, procedimiento de ensayos, condiciones meteorológicas, etc.

En la figura 79, se dan algunas indicaciones sobre cómo estimar la incertidumbre de medida según la tabla I de la norma ISO 1996-2:2007. En ella, la incertidumbre se expresa con una cifra decimal como una incertidumbre expandida, con un factor de cobertura de 2, lo que supone un factor de probabilidad del 95%.

Tabla 1 – Resumen de la incertidumbre de medición para  $L_{Aeq}$

Incertidumbre típica				Incertidumbre típica combinada	Incertidumbre de medición expandida
Debido a la instrumentación <sup>a</sup>	Debido a las condiciones de funcionamiento <sup>b</sup>	Debido a las condiciones meteorológicas y del terreno <sup>c</sup>	Debido al sonido residual <sup>d</sup>		
1,0	$X$	$Y$	$Z$	$\sigma_t$	$\pm 2,0 \sigma_t$
dB	dB	dB	dB	$\sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2}$	dB

<sup>a</sup> Para la instrumentación de clase 1 de la Norma IEC 61672-1:2002. Si se utiliza otra instrumentación (clase 2 de la Norma IEC 61672-1:2002 o sonómetros tipo 1 de las Normas IEC 60651:2001/IEC 60804:2000) o micrófonos direccionales, el valor será mayor.

<sup>b</sup> Para ser determinado al menos a partir de tres mediciones en condiciones de repetibilidad, y preferiblemente cinco (el mismo procedimiento de medición, los mismos instrumentos, el mismo operador, el mismo lugar) y en una posición donde las variaciones en las condiciones meteorológicas ejercen una influencia débil en los resultados. Para mediciones a largo plazo, se requieren más mediciones para determinar la desviación típica de repetibilidad. Para el ruido del tráfico rodado, se indican algunas directrices para el valor de  $X$  en el apartado 6.2.

<sup>c</sup> El valor varía dependiendo de la distancia de medición y de las condiciones meteorológicas que prevalecen. En el anexo A se describe un método que utiliza una ventana meteorológica simplificada (en este caso  $Y = \sigma_m$ ). Para mediciones a largo plazo, es necesario tratar las diferentes categorías meteorológicas por separado y después combinarlas. Para mediciones a corto plazo, las variaciones en las condiciones del terreno son mínimas. Sin embargo, para mediciones a largo plazo, estas variaciones pueden sumarse de forma considerable a la incertidumbre de medición.

<sup>d</sup> El valor varía dependiendo de la diferencia entre los valores totales medidos y el sonido residual.

Figura 79. Tabla resumen de la incertidumbre para  $L_{Aeq}$  según norma ISO 1996-2:2007

Según la GUM, las componentes de incertidumbre se pueden clasificar en dos tipos, en función del método para estimar su valor numérico:

**Tipo A:** Se evalúan a partir del análisis de series de observaciones (procedimientos estadísticos).

**Tipo B:** Se evalúan a partir de criterios no estadísticos. Especificaciones de los equipos, certificados, publicaciones, experiencia, sentido común.

Las dos componentes se basan en distribuciones de probabilidad y las componentes resultantes se cuantifican mediante varianzas o desviaciones típicas. Se denomina incertidumbre típica de una componente determinada a la desviación típica estimada de los valores de dicha componente.

## 5.3. Incertidumbre debida a la instrumentación I

Para la realización de las medidas del proyecto se utiliza un sonómetro analizador en tiempo real de tipo 1 Brüel & Kjaer, Modelo 2260.

La norma ISO 1996-2:2007 estima en 1 dB la desviación producida por el equipo de medida (para sonómetros de Tipo I según IEC 61672-1:2002).

Según Imagine Project la incertidumbre típica debida al sonómetro puede acotarse en 0,5 dB.

Y según la norma ISO 9612 la incertidumbre típica debida a la instrumentación utilizada es de 0,7 dB (para sonómetros de Tipo II).

Aplicando la Guía para la expresión de la incertidumbre de medida (GUM), se evalúa la incertidumbre asociada a la instrumentación de forma rigurosa y se toman valores de resolución, de deriva y de incertidumbre de calibración. Para ello es necesario el certificado de calibración así como las especificaciones facilitadas por el fabricante.

La incertidumbre de calibración es una incertidumbre heredada de la calibración del sistema de medida y se calcula de la siguiente manera:

$$U_{cal} = I_{cal} / K \quad (6)$$

Donde

$I_{cal}$ : Incertidumbre de calibración certificada.

K: Es igual a 2 para un intervalo de confianza del 95%. Normalmente así lo declaran los laboratorios de calibración.

La incertidumbre debida a la resolución y a la deriva son incertidumbres asociadas al equipo. La deriva indica cuánto ha variado la sensibilidad del equipo entre calibraciones sucesivas y se calcula de la siguiente manera:

$$U_{der} = r_s / 2\sqrt{3} \quad (7)$$

$$U_{\text{res}} = r_s / 2\sqrt{3} \quad (8)$$

La tabla VII resume los valores de las incertidumbres de tipo B asociadas al equipo de medida:

Corrección	Valor $\pm$ dB	Distribución	Divisor	Incertidumbre típica $\pm$ dB
Calibración	0.18	Normal	2	0.09
Resolución	0.1	Rectangular	$2\sqrt{3}$	0.05
Deriva	0.2	Rectangular	$2\sqrt{3}$	0.06

Tabla VII. Valores de la incertidumbre debida a la instrumentación utilizada.

## 5.4. Incertidumbre debida a las condiciones de funcionamiento. Ruido de tráfico X

Se especifican a continuación las consideraciones de mayor interés que se tienen en cuenta para estimar la incertidumbre debida a las condiciones de funcionamiento. Según la norma UNE-ISO 1996-2:2009 las condiciones de funcionamiento de la fuente deben ser estadísticamente representativas del entorno de ruido en estudio.

A continuación se describe el proceso de obtención de la incertidumbre típica debida al ruido de tráfico según la norma ISO 1996-2:2007. En el caso de no realizar medidas, este método sería el utilizado para obtener una estimación de la incertidumbre debida al ruido de tráfico:

Se considera una fuente que depende directamente de las condiciones del tráfico existente en la zona (tipo de vehículos, velocidades, número de carriles, etc).

El índice de valoración que se tiene en cuenta para la evaluación de esta fuente es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A ( $L_{Aeq,T}$ ).

La incertidumbre típica especificada por X se calcula por medio de la ecuación:

$$X \cong \frac{10}{\sqrt{n}} \quad (9)$$

donde n es el número total de vehículos que han pasado.

A continuación se adjunta la tabla VIII, con los resultados de tráfico obtenidos durante las 3 series de medidas realizadas el día 27 de mayo de 2014. Se calcula el promedio total de vehículos (ligeros, motos, y pesados) en cada serie del conteo de vehículos durante las 3 medidas de 5 minutos, de ahí se calcula un promedio de vehículos de todas las series y se calcula la incertidumbre típica debida al ruido de tráfico.

PUNTOS	Nº VEHICULOS SERIE 1	Nº VEHICULOS SERIE 2	Nº VEHICULOS SERIE 3	CONTEO PROMEDIO	XTR
P1	311	251	256	273	0,606
P2	277	255	327	286	0,591
P3	288	231	355	291	0,586
P4	266	251	352	290	0,588
P5	255	281	272	269	0,609

Tabla VIII. Incertidumbre típica por tráfico rodado.

Se calcula la media de los conteos totales promedios correspondientes a los cinco puntos, y se obtiene el valor de incertidumbre típica asociada al tráfico rodado como fuente dominante en los puntos de medida:

$$X = \pm 0,6 \text{ dB}$$

Una vez descrito el proceso de obtención de la incertidumbre típica debida al ruido de tráfico según la norma ISO 1996-2:2007, se realizan los cálculos con las desviaciones típicas obtenidas a partir de las mediciones realizadas en cada punto de medida.

La norma ISO 1996-2:2007 establece que la componente X de incertidumbre típica sea determinada al menos a partir de 3 mediciones en condiciones de repetibilidad y preferiblemente 5, utilizando el mismo procedimiento de medición, la misma instrumentación, el mismo técnico de

muestreo, el mismo lugar, y una posición donde las variaciones en las condiciones meteorológicas ejerzan una influencia débil de los resultados.

Se realizan 9 medidas de corto plazo, con una duración de cinco minutos cada una, midiendo el nivel de presión sonora continuo equivalente cada 1 segundo en cada una de ellas. Cada una de las medidas presenta 300 valores del  $L_{Aeq}$ . Con las 9 medidas se determina la desviación estándar. La tabla IX, es un ejemplo del cálculo de la incertidumbre debida a las condiciones de funcionamiento. Los datos utilizados en este ejemplo se toman de las 3 series de medidas tomadas el 27 de mayo de 2014.

PUNTO 1	LAEq 45min	PUNTO 2	LAEq 45min	PUNTO 3	LAEq 45min	PUNTO 4	LAEq 45min	PUNTO 5	LAEq 30min
MEDIDA 1	70,1	MEDIDA 1	67,6	MEDIDA 1	63,3	MEDIDA 1	64,1	MEDIDA 1	66,2
MEDIDA 2	70,3	MEDIDA 2	67,2	MEDIDA 2	62,4	MEDIDA 2	63,1	MEDIDA 2	66,1
MEDIDA 3	69,8	MEDIDA 3	67,1	MEDIDA 3	62,6	MEDIDA 3	63,7	MEDIDA 3	67,1
MEDIDA 4	68,4	MEDIDA 4	66,9	MEDIDA 4	64,2	MEDIDA 4	63,0	MEDIDA 4	66,1
MEDIDA 5	68,3	MEDIDA 5	66,9	MEDIDA 5	63,9	MEDIDA 5	64,4	MEDIDA 5	65,3
MEDIDA 6	67,2	MEDIDA 6	67,0	MEDIDA 6	63,7	MEDIDA 6	63,8	MEDIDA 6	65,3
MEDIDA 7	69,4	MEDIDA 7	67,2	MEDIDA 7	63,4	MEDIDA 7	64,0	MEDIDA 7	67,6
MEDIDA 8	68,6	MEDIDA 8	66,3	MEDIDA 8	64,6	MEDIDA 8	65,7	MEDIDA 8	66,8
MEDIDA 9	68,5	MEDIDA 9	68,0	MEDIDA 9	63,2	MEDIDA 9	65,6	MEDIDA 9	66,4
$\sigma_L$	1,011324764	$\sigma_L$	0,474341649	$\sigma_L$	0,712000312	$\sigma_L$	0,95800719	$\sigma_L$	0,76448966
$\sigma_L/\text{raiz}(n)$	<b>0,3</b>	$\sigma_L/\text{raiz}(n)$	<b>0,2</b>	$\sigma_L/\text{raiz}(n)$	<b>0,2</b>	$\sigma_L/\text{raiz}(n)$	<b>0,3</b>	$\sigma_L/\text{raiz}(n)$	<b>0,3</b>

Tabla IX. Incertidumbre debida a las condiciones de funcionamiento.

## 5.5. Incertidumbre debida a las condiciones meteorológicas y del terreno Y

Para el cálculo de esta incertidumbre se analiza la influencia de las condiciones meteorológicas según la norma UNE-EN ISO 1996-2:2009. En las medidas realizadas “in situ” se han anotado en las hojas de campo las condiciones bajo las cuales se han llevado a cabo, midiendo temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), humedad relativa (%), velocidad del viento (m/s) y dirección del viento.

Se han realizado todas las medidas bajo condiciones atmosféricas reproducibles asegurando condiciones de propagación sonora bastante estables, con el fin de comparar los resultados.

La incertidumbre relacionada con las condiciones meteorológicas se puede considerar muy baja.

Según las directrices del Anexo A.4. de la norma, se obtiene el valor de la contribución a la incertidumbre de las medidas por las condiciones climatológicas y del terreno para una propagación sonora favorable. Se tienen en cuenta los siguientes factores:

Las alturas de las fuentes (a menos de 1,5 metros sobre el suelo) y de los receptores (a 1,5 metros sobre el suelo), clasifican esta situación como “baja”. En este caso los receptores están a 1,5 metros sobre el suelo, y la altura de las fuentes, el tráfico rodado, emiten ruido a una altura menor de 1,5 metros.

La superficie del terreno existente entre las fuentes sonoras y los puntos estratégicos de muestreo, se considera “dura” en la mayor parte, considerando 5 metros de carretera de los 8 metros de distancia existentes entre la fuente principal y los receptores.

La desviación típica inducida por las condiciones ambientales se puede omitir siempre y cuando no se formen sombras sonoras, por lo que la incertidumbre típica asociada a las condiciones climatológicas y del terreno (componente Y), es según la norma UNE-EN ISO 1996-2:2009 de aproximadamente 0,5 dB para posiciones de medida hasta 25 metros, considerando los argumentos anteriores.

$$Y = \pm 0,5 \text{ dB}$$

Aplicando la Guía para la expresión de la incertidumbre de medida (GUM), se calcula la incertidumbre asociada a las condiciones meteorológicas teniendo en cuenta la influencia de la temperatura, la humedad relativa y la presión atmosférica de la siguiente manera:

La tabla X muestra los datos de incertidumbre obtenidos debidas a las condiciones meteorológicas, viendo la influencia de dichas condiciones en el funcionamiento del sonómetro.

Magnitud de influencia	Valor $\pm$ dB	Distribución	Divisor	Incertidumbre típica $\pm$ dB
Temperatura (-10°C-40°C)	0.015 x 10	Rectangular	$2\sqrt{3}$	0.04
Humedad (30%-90%)	0	Rectangular	$2\sqrt{3}$	0
Presión atmosférica	0.019 x 3 kPa	Rectangular	$2\sqrt{3}$	0.02

Tabla X. Incertidumbre debida a las condiciones meteorológicas.

## 5.6. Incertidumbre debida al sonido residual Z

Para obtener el valor de incertidumbre debida al sonido residual se calcula la diferencia entre los niveles totales medidos (con todas las fuentes de ruido operando) y los niveles de ruido residual (operando con todas las fuentes de ruido menos el ruido de tráfico).

Si la diferencia entre el nivel de presión sonora medido (fuente +residual) y el nivel de presión sonora residual es mayor de 10 dB, la contribución a la incertidumbre final de la metodología de realización del ensayo proveniente del factor “ruido residual” es despreciable. En este caso la diferencia entre el nivel de presión sonora medido y el ruido residual es mayor de 10 dB con lo que no se realizan correcciones, y el nivel de presión sonora medido es válido para las fuentes sometidas a ensayo.



## 5.7. Cálculo de la incertidumbre de la medida

### 5.7.1. Cálculo de la incertidumbre de la medida según UNE-EN ISO 1996-2:2009

En la tabla XI se calcula la incertidumbre de cada medida según la norma UNE-EN ISO 1996-2:2009. La incertidumbre se expresa con una cifra decimal como una incertidumbre expandida, con un factor de cobertura de 2, lo que supone un factor de probabilidad del 95%.

Punto de Medida	Incertidumbre típica			Incertidumbre típica combinada	Incertidumbre Expandida
	Debida a la instrumentación I (dB)	Debida a las condiciones de funcionamiento X (dB)	Debido a las condiciones meteorológicas y del terreno Y (dB)	$\sigma_t$ $\sqrt{I^2 + X^2 + Y^2}$	$\pm 2 \cdot \sigma_t$ (dB)
P1	1	0,6	0,5	1,3	2,6
P2	1	0,6	0,5	1,3	2,6
P3	1	0,6	0,5	1,3	2,6
P4	1	0,6	0,5	1,3	2,6
P5	1	0,6	0,5	1,3	2,6

Tabla XI. Cálculo de la incertidumbre de medida según la norma UNE-EN ISO 1996-2:2009.

Una vez calculada la incertidumbre de cada punto de muestreo, en la tabla XII, se presentan los niveles de ruido total con su incertidumbre asociada:

PUNTOS	$L_{Aeq, 45m}$
P1	69 ± 2,6
P2	67 ± 2,6
P3	64 ± 2,6
P4	64 ± 2,6
P5	66 ± 2,6

Tabla XII. Niveles de ruido total con la incertidumbre asociada a la medida según la norma UNE-EN ISO 1996-2:2009.

### 5.7.2. Cálculo de la incertidumbre de la medida según la Guía para la expresión de la incertidumbre de medida (GUM)

A continuación se calcula la incertidumbre de cada medida según la GUM. La incertidumbre se expresa con una cifra decimal como una incertidumbre expandida, con un factor de cobertura de 2, lo que supone un factor de probabilidad del 95%.

#### Incertidumbres típicas de tipo B

Las incertidumbres de tipo B, son iguales para todas las medidas, y para todos los puntos de medida. La tabla XIII, muestra los valores de incertidumbre debida a las especificaciones del equipo y debida a las condiciones ambientales.

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO			
Resolución (dB)	0,1	$U_{Ares}$	0,05
Incertidumbre Calibración (dB)	0,18	$U_{Acal}$	0,09
Deriva (dB)	0,2	$U_{Ader}$	0,16
CONDICIONES AMBIENTALES			
Efecto de la Tª (dB, -10°C a 50 °C)	0,15	$U_{Atemp}$	0,04
Efecto de la HR (dB, 30% a 90%)	0,0	$U_{AHR\%}$	0,00
Efecto de la presión atmosférica	0,057	$U_{APatm}$	0,02

Tabla XIII. Incertidumbres típicas de tipo B según GUM.

Otra incertidumbre de tipo B a tener en cuenta, es la incertidumbre de la propagación del sonido dependiendo de las condiciones climatológicas.

La GUM, define la forma de calcular la influencia de las condiciones meteorológicas sobre el equipo de medida, pero no define la influencia de las mismas sobre la propagación del sonido. Debido a esto, la incertidumbre típica de la propagación del sonido, asociada a las condiciones climatológicas y del terreno, se calcula siguiendo la norma 1996-2:2009, tomando el valor de 0,5 dB para posiciones de medida hasta 25 metros.

$$U_{Apropagación} = \pm 0,5 \text{ dBA}$$

Con todos estos datos se calcula la incertidumbre de tipo B, combinada que se repetirá en cada medida y para cada punto. El valor de la incertidumbre combinada es el siguiente:

$$U_{\text{CTIPO B}} = \sqrt{U_{\text{res}} + U_{\text{cal}} + U_{\text{der}} + U_{\text{temp}} + U_{\text{HR}} + U_{\text{Patm}} + U_{\text{propagación}}} \quad (10)$$

$$U_{\text{CTIPO B}} = \pm 0,51 \text{ dBA}$$

### Incetidumbres típicas de tipo A

La incertidumbre de tipo A, cambia dependiendo del día y del punto en el que se realiza la medición. La tabla XIV corresponde al cálculo de la incertidumbre de las medidas de las series, 2, 3 y 4, realizadas el 9 de abril de 2014 y el 7 de mayo de 2014.

	Medida	LAeq 45min		Medida	LAeq 45min		Medida	LAeq 45min
<b>Punto 1</b>	Medida 1	71	<b>Punto 2</b>	Medida 1	68,4	<b>Punto 3</b>	Medida 1	65,8
	Medida 2	70,3		Medida 2	67,5		Medida 2	66,3
	Medida 3	71,3		Medida 3	67,9		Medida 3	67,1
	Medida 4	70,8		Medida 4	68,1		Medida 4	64,7
	Medida 5	69,6		Medida 5	66		Medida 5	65,2
	Medida 6	70,1		Medida 6	66,2		Medida 6	64,6
	Medida 7	71,2		Medida 7	67,5		Medida 7	65,4
	Medida 8	69,3		Medida 8	67,9		Medida 8	64,3
	Medida 9	69,6		Medida 9	66,5		Medida 9	64,9
<b>σLpunto1</b>		0,7535103	<b>σLpunto2</b>		0,87891979	<b>σLpunto3</b>		0,9000000
<b>U<sub>ALAeq,45min</sub></b>		0,25	<b>U<sub>ALAeq,45min</sub></b>		0,29	<b>U<sub>ALAeq,45min</sub></b>		0,30
<b>Punto 4</b>	Medida	LAeq 45min	<b>Punto 5</b>	Medida	LAeq 45min			
	Medida 1	66,2		Medida 1	66,8			
	Medida 2	64,3		Medida 2	67,6			
	Medida 3	65,9		Medida 3	68,2			
	Medida 4	64,4		Medida 4	67,1			
	Medida 5	65,7		Medida 5	67,6			
	Medida 6	65,4		Medida 6	67,4			
	Medida 7	65,3		Medida 7	67,3			
	Medida 8	65		Medida 8	66,2			
	Medida 9	65,1		Medida 9	67,6			
<b>σLpunto4</b>		0,6385748	<b>σLpunto5</b>		0,56886827			
<b>U<sub>ALAeq,45min</sub></b>		0,21	<b>U<sub>ALAeq,45min</sub></b>		0,19			

Tabla XIV. Incertidumbres típicas de tipo A según GUM, de las series 2, 3 y 4.

## FASE 4. EVALUACION DE LA INCERTIDUMBRE EN LA MEDICION

La tabla XV, corresponde al cálculo de la incertidumbre de las medidas de las series 5, 6 y 7 realizadas el 27 de mayo de 2014.

<b>Punto 1</b>	<b>Medida</b>	<b>LAeq 45min</b>	<b>Punto 2</b>	<b>Medida</b>	<b>LAeq 45min</b>	<b>Punto 3</b>	<b>Medida</b>	<b>LAeq 45min</b>
	Medida 1	70,1		Medida 1	67,6		Medida 1	63,3
	Medida 2	70,3		Medida 2	67,2		Medida 2	62,4
	Medida 3	69,8		Medida 3	67,1		Medida 3	62,6
	Medida 4	68,4		Medida 4	66,9		Medida 4	64,2
	Medida 5	68,3		Medida 5	66,9		Medida 5	63,9
	Medida 6	67,2		Medida 6	67		Medida 6	63,7
	Medida 7	69,4		Medida 7	67,2		Medida 7	63,4
	Medida 8	68,6		Medida 8	66,3		Medida 8	64,6
	Medida 9	68,5		Medida 9	68		Medida 9	63,2
<b>σLpunto1</b>		1,011325	<b>σLpunto2</b>		0,474342	<b>σLpunto3</b>		0,712000
<b>U<sub>ALAeq,45min</sub></b>		0,34	<b>U<sub>ALAeq,45min</sub></b>		0,16	<b>U<sub>ALAeq,45min</sub></b>		0,24
<b>Punto 4</b>	<b>Medida</b>	<b>LAeq 45min</b>	<b>Punto 5</b>	<b>Medida</b>	<b>LAeq 45min</b>			
	Medida 1	64,1		Medida 1	66,2			
	Medida 2	63,1		Medida 2	66,1			
	Medida 3	63,7		Medida 3	67,1			
	Medida 4	63		Medida 4	66,1			
	Medida 5	64,4		Medida 5	65,3			
	Medida 6	63,8		Medida 6	65,3			
	Medida 7	64		Medida 7	67,6			
	Medida 8	65,7		Medida 8	66,8			
	Medida 9	65,6		Medida 9	66,4			
<b>σLpunto4</b>		0,958007	<b>σLpunto4</b>		0,764490			
<b>U<sub>ALAeq,45min</sub></b>		0,32	<b>U<sub>ALAeq,45min</sub></b>		0,27			

Tabla XV. Incertidumbres típicas de tipo A según GUM, de las series 5, 6 y 7.

### Incetidumbres combinadas

Una vez calculadas las incertidumbres típicas de tipo A, y de tipo B, se obtiene la incertidumbre combinada de cada punto de la siguiente manera:

$$U_{\text{CSERIE } 7} = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} \quad (11)$$

La tabla XVI, muestra los valores de incertidumbre combinada, de las medidas realizadas con la serie 2, 3 y 4, los días 9 de abril de 2014 y 7 de mayo de 2014:

Punto	$U_{CLAeq,45min}$ (dBA)
Punto 1	0,56
Punto 2	0,58
Punto 3	0,58
Punto 4	0,54
Punto 5	0,53

Tabla XVI. Incertidumbres combinadas según GUM, de las series 2,3 y 4.

La tabla XVII, muestra los valores de incertidumbre combinada, de las medidas realizadas con la serie 5, 6 y 7, el día 27 de mayo de 2014:

Punto	$U_{CLAeq,45min}$ (dBA)
Punto 1	0,61
Punto 2	0,53
Punto 3	0,56
Punto 4	0,60
Punto 5	0,57

Tabla XVII. Incertidumbres combinadas según GUM, de las series 5, 6 y 7.

### **Incertidumbres expandidas**

La tabla XVIII, muestra los valores de incertidumbre expandida obtenidos a partir de las incertidumbres combinadas obtenidas en la serie 2, 3 y 4, con un factor de cobertura de 2, lo que supone un factor de probabilidad del 95%.

Punto	$U_{LAeq,45min}$ (dBA)
Punto 1	1,1
Punto 2	1,2
Punto 3	1,2
Punto 4	1,1
Punto 5	1,1

Tabla XVIII. Incertidumbres combinadas según GUM, de las series 2, 3 y 4.

La tabla XIX, muestra los valores de incertidumbre expandida obtenidos a partir de las incertidumbres combinadas obtenidas en la serie 5, 6 y 7, con un factor de cobertura de 2, lo que supone un factor de probabilidad del 95%.

Punto	$U_{L_{Aeq,45min}} (dBA)$
Punto 1	1,2
Punto 2	1,1
Punto 3	1,1
Punto 4	1,2
Punto 5	1,1

Tabla XIX. Incertidumbres expandidas según GUM, de las series 5,6 y 7.

La tabla XX muestra los niveles de ruido total medidos en la serie 2, 3 y 4, con la incertidumbre asociada, según la metodología GUM.

Punto	$L_{Aeq, 45m} (dBA)$
P1	$70,1 \pm 1,2$
P2	$67,1 \pm 1,1$
P3	$65,1 \pm 1,1$
P4	$65,7 \pm 1,2$
P5	$67,5 \pm 1,1$

Tabla XX. Niveles de ruido con la incertidumbre asociada a la medida de las series 2, 3 y 4.

La tabla XXI muestra los niveles de ruido total medidos en la serie 5, 6 y 7, con la incertidumbre asociada, según la metodología GUM.

Punto	$L_{Aeq, 45m}$
P1	$69,1 \pm 1,2$
P2	$67,2 \pm 1,1$
P3	$63,5 \pm 1,1$
P4	$64,3 \pm 1,2$
P5	$66,4 \pm 1,1$

Tabla XXI. Niveles de ruido con la incertidumbre asociada a la medida de las series 5, 6 y 7.

El Real Decreto 1367/2007, establece el redondeo de los valores de los índices  $L_{Aeq,Ti}$  en 0,5 dBA, tomando la parte entera como valor resultante. Esto supone una componente de incertidumbre de tipo B debida al redondeo.

Se calcula la incertidumbre de tipo B  $U_{redon}$ , para el caso en el que se exprese el resultado final de los niveles con una cifra entera. La incertidumbre debida al redondeo de los valores obtenidos en este caso se calcula de la siguiente manera y se tendrá que combinar con el resto de las componentes de incertidumbre de tipo B, teniéndola en cuenta para la incertidumbre expandida en los resultados finales de los valores de los niveles medidos.

$$U_{redon} = \pm 1 \text{ dBA} / 2\sqrt{3}; U_{Redondeo} = 0,29 \text{ dBA}$$

## 5.8. Cálculo de la incertidumbre de los datos de entrada al modelo.

Los datos de entrada al modelo en el software de predicción acústica, son el conteo de vehículos por hora (ligeros y pesados), y la velocidad media de los vehículos por hora. Ambos datos se evalúan a partir de los datos obtenidos del aforador de medida, considerándolos componentes de incertidumbre de tipo A.

Para realizar el cálculo de la incertidumbre debida a los datos de entrada, se utilizan los aforos y las velocidades tomadas en el punto 3 de muestreo, el día 27 de mayo de 2014.

En la tabla XXII se muestra el número de vehículos ligeros/horas, y en la tabla XXIII se muestra el número de vehículos pesados/hora. Estos datos se han tomado de las 3 series de medidas realizadas en el punto 3, con una duración de 15 min. cada serie, en intervalos de 5 min, con lo cual se obtienen 9 datos de medidas de aforo (n vehículos) y de velocidades durante las 3 series totales de medición.

Punto de medida	n, Número de vehículos ligeros/ hora en intervalos (1-9) de 5 min								
P3	n_1 5min	n_2 5min	n_3 5min	n_4 5min	n_5 5min	n_6 5min	n_7 5min	n_8 5min	n_9 5min
	101	89	90	66	81	76	104	123	124

Tabla XXII. n, número de vehículos ligeros/hora

## FASE 4. EVALUACION DE LA INCERTIDUMBRE EN LA MEDICION

Punto de medida	n, Número de vehículos pesados/ hora en intervalos (1-9) de 5 min								
P3	n_1 5min	n_2 5min	n_3 5min	n_4 5min	n_5 5min	n_6 5min	n_7 5min	n_8 5min	n_9 5min
	2	4	3	2	4	3	2	1	3

Tabla XXIII. n, número de vehículos pesados/hora

El dato de entrada del aforo en el programa de predicción acústica viene determinado por un único valor, el de vehículos/hora, con lo cual, los valores de aforo obtenidos durante los 5 minutos de medida se calculan para un intervalo de una hora de medida y se calcula la desviación típica de los valores obtenidos mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_{n\text{ligeros o pesados}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left( \frac{n_i(\text{ligeros o pesados})_{60\text{min}}}{\text{hora}} - \frac{\bar{\Sigma}(\text{ligeros o pesados})_{60\text{min}}}{\text{hora}} \right)^2} \quad (12)$$

donde:

$n_i$ : es el número de vehículos

$n_i(\text{ligeros o pesados})$ : es el conteo de vehículos realizado durante cinco minutos de intervalo e interpolado para un intervalo de 60 min de duración.

$\bar{\Sigma}(\text{ligeros o pesados})$ : es la media de los 9 valores de  $n_{i\text{ligeros60min}}$

La incertidumbre típica de tipo A asociada al dato de entrada de vehículos ligeros o pesados/hora se calcula de la siguiente manera.

$$U_{A n(\text{ligeros o pesados})} = \sigma_{n(\text{ligeros o pesados})} / \sqrt{9}$$

Así mismo se calcula la incertidumbre expandida, con un factor de cobertura de 2, lo que supone un factor de probabilidad del 95%.

$$U_{C n(\text{ligeros o pesados})} = 2 \times U_{A n(\text{ligeros o pesados})}$$



#### FASE 4. EVALUACION DE LA INCERTIDUMBRE EN LA MEDICION

La tabla XXIV, muestra la Incertidumbre asociada al dato de entrada de conteo de vehículos ligeros.

Punto de medida	Número de vehículos ligeros 5min		Número de vehículos ligeros 60min	
3	$n_{1\text{ligeros } 5\text{min}}$	101	$n_{1\text{ligeros } 60\text{min}}$	1212
	$n_{2\text{ligeros } 5\text{min}}$	89	$n_{2\text{ligeros } 60\text{min}}$	1068
	$n_{3\text{ligeros } 5\text{min}}$	90	$n_{3\text{ligeros } 60\text{min}}$	1080
	$n_{4\text{ligeros } 5\text{min}}$	66	$n_{4\text{ligeros } 60\text{min}}$	792
	$n_{5\text{ligeros } 5\text{min}}$	81	$n_{5\text{ligeros } 60\text{min}}$	972
	$n_{6\text{ligeros } 5\text{min}}$	76	$n_{6\text{ligeros } 60\text{min}}$	912
	$n_{7\text{ligeros } 5\text{min}}$	104	$n_{7\text{ligeros } 60\text{min}}$	1248
	$n_{8\text{ligeros } 5\text{min}}$	123	$n_{8\text{ligeros } 60\text{min}}$	1476
	$n_{9\text{ligeros } 5\text{min}}$	124	$n_{9\text{ligeros } 60\text{min}}$	1488
$\Sigma_{\text{ligeros } 60\text{min}}$				1139
$\sigma_{\text{nligeros}}$				240
$U_{\text{Anligeros}}$				80,0
$U_{\text{Cnligeros}}$				<b>160,0</b>

Tabla XXIV. Incertidumbre asociada al dato de entrada de conteo de vehículos ligeros.

La tabla XXV, muestra la Incertidumbre asociada al dato de entrada de conteo de vehículos pesados.

Punto de medida	npesados 5min		npesados 60min	
3	$n_{1\text{pesados } 5\text{min}}$	2	$n_{1\text{pesados } 60\text{min}}$	24
	$n_{1\text{pesados } 5\text{min}}$	4	$n_{1\text{pesados } 60\text{min}}$	48
	$n_{1\text{pesados } 5\text{min}}$	3	$n_{1\text{pesados } 60\text{min}}$	36
	$n_{1\text{pesados } 5\text{min}}$	2	$n_{1\text{pesados } 60\text{min}}$	24
	$n_{1\text{pesados } 5\text{min}}$	4	$n_{1\text{pesados } 60\text{min}}$	48
	$n_{1\text{pesados } 5\text{min}}$	3	$n_{1\text{pesados } 60\text{min}}$	36
	$n_{1\text{pesados } 5\text{min}}$	2	$n_{1\text{pesados } 60\text{min}}$	24
	$n_{1\text{pesados } 5\text{min}}$	1	$n_{1\text{pesados } 60\text{min}}$	12
	$n_{1\text{pesados } 5\text{min}}$	3	$n_{1\text{pesados } 60\text{min}}$	36
$\bar{\Sigma}_{\text{pesados } 60\text{min}}$				32
$\sigma_{\text{npesados}}$				12
$U_{\text{Anpesados}}$				4,0
$U_{\text{Cnpesados}}$				<b>8,0 (3,1%)</b>

Tabla XXV. Incertidumbre asociada al dato de entrada de conteo de vehículos pesados.

El dato de entrada de la velocidad media de los vehículos/hora insertado en el programa de predicción acústica viene determinado por un único valor de velocidad media para los vehículos ligeros y otro único valor de velocidad media para los vehículos pesados, con lo cual, los valores de velocidad obtenidos durante los 5 min de medida se aproximan a un intervalo de una hora de medida y se calcula la desviación típica de los valores obtenidos.

La incertidumbre típica de tipo A asociada al dato de entrada de la velocidad media de los vehículos ligeros/pesados por hora se calcula de la siguiente manera:

$$U_{Av \text{ (ligeros o pesados)}} = \sigma_v \text{ (ligeros o pesados)} / \sqrt{9}$$

Así mismo se calcula la incertidumbre expandida, con un factor de cobertura de 2, lo que supone un factor de probabilidad del 95%.

$$U_C \text{ (vligeros o pesados)} = 2 \times U_A \text{ (vligeros o pesados)}$$

La tabla XXVI muestra los resultados de incertidumbre obtenidos en los datos de entrada de la velocidad media de los vehículos ligeros:

Punto de medida	V ligeros 5min (m/s)	
3	V1ligeros 5min	59
	V2ligeros 5min	59
	V3ligeros 5min	56
	V4ligeros 5min	59
	V5ligeros 5min	59
	V6ligeros 5min	60
	V7ligeros 5min	60
	V8ligeros 5min	61
	V9ligeros 5min	58
$\sigma_{vligeros}$		1,4
$U_{Avligeros}$		0,5
$U_{Cvligeros}$		<b>1,0</b>

Tabla XXVI. Incertidumbre asociada al dato de entrada de la velocidad media de vehículos ligeros.

La tabla XXVII muestra los resultados de incertidumbre obtenidos en los datos de entrada de la velocidad media de los vehículos pesados:

Punto de medida	V pesados 5min (m/s)	
3	V <sub>1</sub> pesados 5min	60
	V <sub>2</sub> pesados 5min	54
	V <sub>3</sub> pesados 5min	54
	V <sub>4</sub> pesados 5min	57
	V <sub>5</sub> pesados 5min	52
	V <sub>6</sub> pesados 5min	64
	V <sub>7</sub> pesados 5min	55
	V <sub>8</sub> pesados 5min	59
	V <sub>9</sub> pesados 5min	58
$\sigma_{\text{v pesados}}$		3,7
$U_{\text{A v pesados}}$		1,2
$U_{\text{C v pesados}}$		<b>2,4</b>

Tabla XXVII. Incertidumbre asociada al dato de entrada de la velocidad media de vehículos pesados.

Una vez calculada la incertidumbre de los datos de entrada de conteo y de la velocidad media de vehículos a introducir en el modelo, se comprueban las variaciones posibles en el nivel equivalente de salida del modelo en el punto 3.

En los datos de entrada del conteo de vehículos ligeros, la incertidumbre calculada es de  $\pm 160$  vehículos/hora, y la incertidumbre de la velocidad media introducida de los mismos, es de  $\pm 1$  m/s. En el caso de los datos de entrada de los vehículos pesados, la incertidumbre calculada es de  $\pm 8$  vehículos/hora y la incertidumbre de la velocidad media introducida de los mismos de  $\pm 2.5$  m/s. Se vuelven a realizar los cálculos de  $L_{\text{Aeq, T}}$ , en el software de predicción CadnaA, teniendo en cuenta la incertidumbre de estos datos de entrada y pudiendo ver así las variaciones existentes en los resultados de los niveles simulados dependiendo de las incertidumbres de los datos de entrada.

La tabla XXVIII muestra los resultados obtenidos, dependiendo de los datos de entrada introducidos en el programa de simulación. Se van a evaluar los siguientes casos más extremos:

Caso	$n_{\text{ligeros/hora}}$	$n_{\text{pesados/hora}}$	$n_{\text{totalvehículos/hora}}$	%pesados	$V_{\text{ligeros(m/s)}}$	$V_{\text{pesados(m/s)}}$	$L_{\text{Aeq}} \text{ (dBA)}$	$L_{\text{Aeq}} + U_{\text{datos de entrada}} \text{ (dBA)}$
nº1	1299	26	1325	2,57	59	58	65,3	65,9
nº2	979	26	1005	3,38	59	58	65,3	64,9
nº3	1139	34	1173	2,90	59	58	65,3	65,5
nº4	1139	18	1157	2,94	59	58	65,3	65,4
nº5	1139	26	1165	2,92	60	61	65,3	65,6
nº6	1139	26	1165	2,92	58	55	65,3	65,3
nº7	1299	34	1333	2,55	60	61	65,3	66,1
nº8	979	18	997	3,41	58	55	65,3	64,7

Tabla XXVIII. Valor de los niveles obtenidos en función de los datos de entrada.

- Caso nº1: Incertidumbre debida a los datos de entrada del conteo de vehículos:  $1139+160 n_{\text{ligeros } 60\text{min}}$ . Los datos de entrada de los vehículos pesados y las velocidades medias se mantienen constantes.
- Caso nº2: Incertidumbre debida a los datos de entrada del conteo de vehículos:  $1139-160 n_{\text{ligeros } 60\text{min}}$ . Los datos de entrada de los vehículos pesados y las velocidades medias se mantienen constantes.
- Caso nº3: Incertidumbre debida a los datos de entrada del conteo de vehículos:  $26+8 n_{\text{pesados } 60\text{min}}$ . Los datos de entrada de los vehículos ligeros y las velocidades medias se mantienen constantes.
- Caso nº4: Incertidumbre debida a los datos de entrada del conteo de vehículos:  $26-8 n_{\text{pesados } 60\text{min}}$ . Los datos de entrada de los vehículos ligeros y las velocidades medias se mantienen constantes.
- Caso nº5: Incertidumbre debida a los datos de entrada de velocidades medias de  $59+1 \text{ m/s } v_{\text{ligeros } 60\text{min}}$  y  $58+2.5 \text{ m/s } v_{\text{pesados } 60\text{min}}$ . Los datos de entrada del conteo de vehículos se mantienen constantes.

- Caso nº6: Incertidumbre debida a los datos de entrada de velocidades medias de  $59-1 \text{ m/s } v_{\text{ligeros } 60\text{min}}$  y  $58-2.5 \text{ m/s } v_{\text{pesados } 60\text{min}}$ . Los datos de entrada del conteo de vehículos se mantienen constantes.
- Caso nº7: Incertidumbre debida a los datos de entrada del conteo de vehículos:  $1139+160 n_{\text{ligeros } 60\text{min}}$ ,  $26+8 n_{\text{pesados } 60\text{min}}$ . Incertidumbre debida a los datos de entrada de velocidades medias de  $59+1 \text{ m/s } v_{\text{ligeros } 60\text{min}}$ ,  $58+2.5 \text{ m/s } v_{\text{pesados } 60\text{min}}$ .
- Caso nº8: Incertidumbre debida a los datos de entrada del conteo de vehículos:  $1139-160 n_{\text{ligeros } 60\text{min}}$ ,  $26-8 n_{\text{pesados } 60\text{min}}$ . Incertidumbre debida a los datos de entrada de velocidades medias de  $59-1 \text{ m/s } v_{\text{ligeros } 60\text{min}}$ ,  $58-2.5 \text{ m/s } v_{\text{pesados } 60\text{min}}$ .

En los primeros dos casos, el número de vehículos pesados/hora y la velocidad media de los mismos se mantiene constante, de esta forma es posible analizar el cambio del nivel equivalente debido a la incertidumbre del dato de entrada del número de vehículos ligeros/hora.

En el primer caso, la incertidumbre en el dato de entrada de los vehículos ligeros/hora es de +160 vehículos/hora más que en el valor medio de entrada. Este incremento en el aforo medio de vehículos ligeros/hora supone un aumento de nivel de 0,6 dbA respecto del nivel equivalente obtenido introduciendo un valor medio de vehículos ligeros/hora.

En el segundo caso, la incertidumbre en el dato de entrada de los vehículos ligeros/hora es de -160 vehículos/hora menos que en el valor medio de entrada. Este decremento en el aforo medio de vehículos ligeros/hora, supone una diferencia de nivel de 0,4 dbA menos respecto del nivel equivalente obtenido introduciendo un valor medio de vehículos ligeros/hora.

En estos dos primeros casos, se debe tener en cuenta que los valores de aforo introducidos en el CadnaA, son los vehículos totales/hora y el % de pesados existentes en el conteo total de los vehículos durante esa misma hora. Con lo cual, al sumar o al restar vehículos ligeros al total de los vehículos contados, el porcentaje de los pesados varía de tal forma que no es la misma variación de nivel de salida en un caso que en otro.

En el tercer caso, la incertidumbre en el dato de entrada de los vehículos pesados/hora es de +8 vehículos/hora más que en el valor medio de entrada.

Este incremento en el aforo medio de vehículos pesados/hora supone un aumento de nivel de 0,2 dBA respecto del nivel equivalente obtenido introduciendo un valor medio de vehículos pesados/hora.

En el cuarto caso, la incertidumbre en el dato de entrada de los vehículos ligeros/hora es de -8 vehículos/hora menos que en el valor medio de entrada. Este decremento en el aforo medio de vehículos pesados/hora, supone una diferencia de nivel de 0,1 dBA menos respecto del nivel equivalente obtenido introduciendo un valor medio de vehículos ligeros/hora.

Tras observar los datos del tercer y cuarto caso, se puede llegar a la conclusión de que el dato de entrada de % de los vehículos pesados/hora no tiene mayor influencia en los resultados de salida del nivel equivalente. Al tratarse de porcentajes muy bajos (3 %), la variación en el nivel es muy pequeña.

En el quinto y sexto caso, la incertidumbre de los datos de entrada de las velocidades medias en vehículos ligeros y pesados, suponen una variación máxima en el nivel de salida de 0,3 dBA. La carretera M-856, es una carretera con una alta densidad de tráfico con lo que las variaciones en las velocidades son muy pequeñas.

Los últimos dos casos, el séptimo y el octavo, son los casos más extremos en los cuales, la incertidumbre de los datos de entrada es mayor.

En el séptimo caso el dato de entrada de los vehículos ligeros es de 1139 + 160 vehículos ligeros/hora, y el dato de entrada de los vehículos pesados es de 26 + 8 vehículos pesados/hora, haciendo un total de 1333 vehículos/hora. Si a esto se le suma la incertidumbre debida a los datos de entrada de las velocidades medias de 59 + 1 m/s para los vehículos ligeros, 58 + 2.5 m/s para los vehículos pesados, la variación en el dato de salida del nivel equivalente varía en 0,8 dB.

En el octavo caso el dato de entrada de los vehículos ligeros es de 1139-160 vehículos ligeros/hora, y el dato de entrada de los vehículos pesados es de 26-8 vehículos pesados/hora, haciendo un total de 997 vehículos/hora. Si a esto se le suma la incertidumbre debida a los datos de entrada de las velocidades

medias de 59-1 m/s para los vehículos ligeros, 58 - 2.5 m/s para los vehículos pesados, la variación en el dato de salida del nivel equivalente varía en 0,6 dBA.

Las variaciones de nivel equivalente en el séptimo y en el octavo caso son muy parecidas a las obtenidas en los primeros dos casos. Esto se debe a que realmente el dato que mayor variación sufre es el dato de entrada de los vehículos totales por hora. Una variación máxima de 336 vehículos hora, supone una desviación de  $\pm 1.4$  dBA, en el nivel equivalente de salida, con lo que se puede concluir diciendo que las variaciones en los datos de entrada del porcentaje de vehículos pesados por hora y la velocidad de entrada de los vehículos apenas sufren variación y su influencia en los niveles equivalentes obtenidos es mínima.

# **6 Conclusiones.**



## **6.1. Conclusiones obtenidas a partir de los datos de aforo de la carretera M-856.**

El tráfico diario que soporta la carretera M-856 es de 15.000 vehículos aproximadamente, de los cuales el 96 % (14.400) corresponde a vehículos ligeros (longitud máxima de 6.6 m) y el 4 % (600) a vehículos pesados (a partir de 6.6 m de longitud).

La figura 4 y la figura 5, nos muestran el conteo ininterrumpido de vehículos durante los días laborables de dos semanas diferentes. La similitud gráfica de los datos obtenida durante estas semanas representa la poca variabilidad de la densidad de tráfico en la zona. A estos datos iniciales de conteo se le suman el resto de conteos realizados los días en los que se realizan las medidas “in situ” de ruido, comprobando así que el tráfico se mantiene constante y que no se aprecian cambios en el aforo de tráfico dependiendo del día o del mes.

La curva del aforo total de la figura 6, la curva azul clara, muestra tres picos horarios máximos donde el tráfico rodado es mayor. El primer pico corresponde a la franja horaria entre las 8.00 y las 9.00 de la mañana, con un aforo de 1.500 vehículos por hora. El segundo pico corresponde a las 14.30 de la tarde, 1.150 vehículos por hora, y el último pico obtenido corresponde a las 18.30 de la tarde, rondando los 1.250 vehículos por hora, aforo algo más reducido que en el primer pico de la mañana.

La dirección de mayor aforo es en el sentido Móstoles - Villaviciosa de Odón en los primeros dos picos, a las 8.30 de la mañana y a las 14.30 de la tarde. El último pico máximo corresponde a las 18.30 de la tarde, en el sentido Villaviciosa de Odón - Móstoles, sentido opuesto a los picos máximos obtenidos durante el conteo a primera hora de la mañana. Los picos horarios mínimos, corresponden a las franjas horarias entre las 10.30 y las 11.30 con 900 vehículos por hora y entre las 15.30 y las 16.30 con 1.000 vehículos por hora.

Las franjas horarias más probables en el caso de realizarse una intercomparación, son entre las 10.30 de la mañana y las 13.30 de la tarde, y después de comer entre las 15.00 y las 18.00 de la tarde. Con lo cual el aforo esperado durante estas franjas horarias es de 900 - 1.000 vehículos por hora.

## **6.2. Conclusiones obtenidas a partir de los resultados de las medidas de ruido.**

La tabla III, es un resumen de los niveles obtenidos en cada serie de medida, con la fecha de medida correspondiente, el valor de nivel medio de todas las series para cada punto de medida, y la desviación existente entre los niveles obtenidos en cada punto, para cada serie.

Los valores obtenidos en el punto 1, toman valores entre 68 dBA y 71 dBA, valores aproximadamente 2 - 4 dBA mayores que los obtenidos en el resto de los puntos. Este incremento de nivel se debe a la situación del punto 1, la entrada principal al CEIS, en el que constantemente el nivel de ruido varía por la entrada y salida de los camiones, ruido de arranque de vehículos a una distancia cercana al punto de medida, la cercana situación de la zona de fumadores respecto al punto, etc. con lo cual el punto 1 no se considera un punto representativo de la medida de tráfico y se descartará como punto de medida en una posible intercomparación.

El resto de los puntos toman valores de entre 65 dBA - 67 dBA. Estos valores podrían variar dependiendo del tráfico existente, ya que dependen totalmente del aforo de la carretera en el momento de la medición, pero al tener un aforo tan estable, la fuente de ruido también se mantiene estable. Cualquiera de los puntos, P2, P3, P4 y P5 se consideran adecuados como puntos de medida en una posible intercomparación.

El ruido residual lo conforma el ruido de tráfico aéreo, y el ruido de las instalaciones industriales propias del CEIS.

Para el cálculo de la influencia del ruido de tráfico aéreo en los puntos de medida, se calcula el  $L_{AE}$  y el  $L_{Aeq,T}$  correspondiente al paso de aviones. Los niveles  $L_{AE}$  obtenidos en las 7 series de mediciones, se encuentran en un rango de 65 dBA - 70 dBA, y los niveles debidos al sobrevuelo de aviones  $L_{Aeq,t}$  se encuentran entre valores de 42 dBA - 45 dBA, 20 dBA por debajo de los niveles de ruido de tráfico medidos en los 5 puntos de medida cercanos a la carretera.

La frecuencia de paso de aviones por la zona de estudio es de 1 ó 2 aviones aproximadamente cada 5 min de medida, y el tiempo de sobrevuelo es de 22 segundos o de 44 segundos respectivamente. Este suceso sonoro puntual, transcurre en un tiempo muy reducido (7 - 14 % respecto del tiempo total) si se

compara con el tiempo de cada medida, 300 segundos. Por este motivo se considera despreciable, la aportación de nivel de presión sonora del sobrevuelo de aviones, al nivel de la medida de ruido de tráfico rodado.

Para el cálculo de la influencia del ruido originado por las instalaciones industriales en los puntos de medida de tráfico, se toman medidas de niveles de ruido de las dos principales fuentes a 1 metro de distancia. Las principales fuentes son, un equipo de climatización situado en la cubierta del edificio principal del CEIS, y una torre de refrigeración situada en la partera trasera el CEIS.

El nivel equivalente  $L_{Aeq,5min}$  medido en el equipo de climatización, es de 70,9 dBA, y el nivel equivalente  $L_{Aeq,5min}$  medido en la torre de refrigeración es de 77,2 dBA. Dichas instalaciones industriales se encuentran a una distancia de 30 metros para el equipo de climatización y a una distancia de 40 metros para la torre de refrigeración respecto a los puntos de medida.

Teniendo en cuenta la ecuación de variación teórica del nivel de presión sonora con la distancia para fuentes sonoras puntuales en espacio abierto, los niveles de presión sonora medidos en el perímetro de la instalación quedan suficientemente atenuados, 30 dBA aproximadamente en los puntos de medida.

Con lo cual las fuentes industriales no influyen en el nivel de la fuente de estudio principal, la carretera M-856.

### **6.3. Conclusiones obtenidas a partir de las medidas simuladas en CadnaA.**

La tabla VI muestra la validación del modelo. La desviación estándar entre los valores medidos en los puntos de medida y los valores calculados mediante el software de predicción acústica se considera baja. Se obtienen desviaciones de entre 1,1 dBA y 1,8 dBA en todos los puntos excepto en el punto de medida P1, en el que la desviación es de 4 dBA. La desviación en el punto 1 es alta debida a la situación en la que se encuentra el punto de medida, la entrada principal al CEIS. Como ya se ha comentado en este mismo capítulo anteriormente en el punto de medida 1, el nivel de ruido de fondo es más elevado que en resto de los puntos debido a diversos sucesos sonoros aislados que ocurren cerca del dicho punto de medida. Este ruido de fondo no es posible introducirlo en el CadnaA, ya que consiste en un cúmulo de sucesos aislados que el programa no contempla,

con lo cual el ruido que existiría en este punto descartando la influencia del ruido de fondo sería más parecido al obtenido en el programa de simulación CadnaA que al obtenido en las medidas “in situ”.

En el resto de los puntos, la diferencia de niveles entre los valores simulados y los medidos “in situ” es muy pequeña, 1,8 dBA como máximo. Se ha comprobado que introduciendo datos de tráfico precisos en el programa de simulación CadnaA, los valores obtenidos son muy parecidos a los valores reales medidos, con lo que es una herramienta de gran ayuda para valorar resultados dudosos en una posible intercomparación.

### **6.4. Conclusiones obtenidas a partir de los cálculos de incertidumbre.**

#### **6.4.1. Cálculo de la incertidumbre de la medida según la norma UNE-ISO 1996-2:2009 y la Guía para la expresión de la incertidumbre de medida (GUM).**

La incertidumbre estimada según la norma UNE-ISO 1996-2:2009 es de 2,4 dBA para todos los puntos de medida según se muestra en la tabla XII y la incertidumbre calculada según la Guía para el cálculo de la incertidumbre GUM, varía entre 1,1 dBA y 1,2 dBA dependiendo del punto de medida y las desviaciones típicas obtenidas entre los valores medidos en cada punto según muestra la tabla XXI.

La diferencia de valores de incertidumbre según sea un valor estimado o un valor calculado con medidas reales, es de más de 1 dBA. Esta diferencia se debe sobre todo al valor de la incertidumbre debida al equipo de medida. Según la norma UNE-ISO 1996-2:2009, este valor es de 1 dBA, y si se calcula rigurosamente a partir de los certificados de calibración del equipo, el valor de la incertidumbre debida al equipo de medida es de 0,5 dBA. El valor estimado en la norma UNE-ISO 1996-2:2009, es un valor de incertidumbre muy alto, teniendo en cuenta que el equipo que se ha utilizado para la realización de las medidas, es un equipo muy preciso.

## CONCLUSIONES

---

Por otro lado, la incertidumbre estimada debida a las condiciones de funcionamiento, es decir la debida al ruido de tráfico, según la norma de UNE-ISO 1996-2:2009, es de 0,6 dBA para todos los puntos de medida. Se estima a partir de los conteos totales promedios correspondientes a los cinco puntos de medida. La calculada según la GUM, es de 0,2 dBA ó 0,3 dBA, algo más baja, ya que se calcula a partir del conteo de tráfico específico para cada punto de medida.

La GUM, define la forma de calcular la influencia de las condiciones meteorológicas sobre el equipo de medida, pero no define la influencia de las mismas sobre la propagación del sonido. Debido a esto, la incertidumbre típica de la propagación del sonido, asociada a las condiciones climatológicas y del terreno, se calcula siguiendo la norma UNE-ISO 1996-2:2009, tomando el valor de 0,5 dB para posiciones de medida hasta 25 metros.

En el caso de la incertidumbre debida al sonido residual se calcula la diferencia entre los niveles totales medidos (con todas las fuentes de ruido operando) y los niveles de ruido residual (operando con todas las fuentes de ruido menos el ruido de tráfico).

La diferencia entre el nivel de presión sonora medido (fuente + residual) y el nivel de presión sonora residual es mayor de 10 dB, con lo cual la contribución a la incertidumbre final de la metodología de realización del ensayo proveniente del factor “ruido residual” es tan baja que se considera despreciable.

Los resultados de los niveles medidos en los 5 puntos, se han expresado con una cifra decimal. El Real Decreto 1367/2007, establece el redondeo de los valores de los índices  $L_{Aeq,Ti}$  en 0,5 dB(A), tomando la parte entera como valor resultante. Esto supone una componente de incertidumbre de tipo B, ya que puede haber 0,5 dBA, del valor real obtenido al valor redondeado.

Se calcula la incertidumbre de tipo B  $U_{redon}$ , para el caso en el que se exprese el resultado final de los niveles con una cifra entera. La incertidumbre debida al redondeo de los valores obtenidos en este caso se calcula de la siguiente manera y se tendrá que combinar con el resto de las componentes de incertidumbre de tipo B, teniéndola en cuenta para la incertidumbre expandida en los resultados finales de los valores de los niveles medidos.

$$U_{redon} = \pm 1 \text{ dBA} / 2\sqrt{3}; U_{Redondeo} = 0,29 \text{ dBA}$$

### **6.4.2. Cálculo de la incertidumbre a partir de los datos de entrada al modelo.**

Los datos de entrada al modelo en el software de predicción acústica, son el conteo de vehículos por hora (ligeros y pesados), y la velocidad media de los vehículos por hora. Ambos datos se evalúan a partir de los datos obtenidos del aforador de medida, considerándolos componentes de incertidumbre de tipo A.

En los datos de entrada del conteo de vehículos ligeros, la incertidumbre calculada es de  $\pm 160$  vehículos/hora. En el caso de que el conteo sea de +160 vehículos/hora respecto al aforo medio de vehículos ligeros/hora, supone un aumento de nivel de 0,6 dBA respecto del nivel equivalente obtenido introduciendo un valor medio de vehículos ligeros/hora. En el caso de que el conteo sea de -160 vehículos/hora respecto al aforo medio de vehículos ligeros/hora, supone una diferencia de nivel de 0,4 dBA menos respecto del nivel equivalente obtenido introduciendo un valor medio de vehículos ligeros/hora.

En los datos de entrada del conteo de vehículos pesados, la incertidumbre calculada es de  $\pm 8$  vehículos/hora. En el caso de que el conteo sea de +8 vehículos pesados/hora supone un aumento de nivel de 0,2 dBA respecto del nivel equivalente obtenido introduciendo un valor medio de vehículos pesados/hora. En el caso de que el conteo sea de -8 vehículos pesados/hora supone una diferencia de nivel de 0,1 dBA menos respecto del nivel equivalente obtenido introduciendo un valor medio de vehículos ligeros/hora.

La incertidumbre de los datos de entrada de las velocidades medias en vehículos ligeros y pesados, suponen una variación máxima en el nivel de salida de 0,3 dBA. La carretera M-856, es una carretera con una alta densidad de tráfico con lo que las variaciones en las velocidades son muy pequeñas.

# **7 Bibliografía.**

## **7.1. Referencias Bibliográficas.**

- Real Decreto 1367/2007, de 19/10/2007, que desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Real Decreto 1513/2005, de 16/12/2005, que desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental.
- Norma UNE-ISO 1996-1: Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Magnitudes básicas y métodos de evaluación.
- Norma UNE-ISO 1996-2: Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental.
- Método nacional de cálculo francés “NMPB-Routes-96 (SETRACERTU-LCPC-CSTB)” para el ruido de tráfico rodado.
- Norma ISO 9613-2 “Acoustics. Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2: General method of calculation” para el ruido industrial.
- “Previsión de crecimiento del tráfico total interurbano en la red de carreteras del estado.” Ministerio de Fomento - Dirección General de Carreteras.
- Norma GUM: Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida